





# Etude des bassins d'alimentation des 3 captages du bassin versant du Mro Oua Maré - Mayotte

Rapport final

**BRGM/RP-57622-FR**  
Décembre 2009

Étude réalisée dans le cadre de la convention R&D  
SIEAM/BRGM du 24 avril 2009

**A. Malard,**

Avec la collaboration de **A. Brugeron, B. Mougin et A. Wuilleumier**

**Vérificateur :**

Nom : N. Courtois

Date : 1<sup>er</sup> décembre 2009

Signature :

**Approbateur :**

Nom : P. Puvilland

Date : 4 décembre 2009

Signature :



En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,  
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

**Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.**

**Mots clés :** bassin d'alimentation de captage, BAC, aire d'alimentation de captage, eau potable, eau de surface, eau souterraine, aquifères volcaniques, forages, prise d'eau, hydrogéologie, vulnérabilité, pressions, Mro Oua Maré, retenue collinaire de Dzoumogné, Mayotte, Comores, France.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante : Malard A., avec la collaboration de Brugeron A., Mougin B., Wuilleumier A. (2009) - Etude des bassins d'alimentation des 3 captages du bassin versant du Mro Oua Maré – Mayotte – BRGM/RP-57622-FR. 136 p., 42 ill., 30 tab., 4 ann.

## Synthèse

Au vu de la vulnérabilité des ressources en eau de l'île de Mayotte et de l'intérêt pour les services de l'Etat de disposer d'outils de réglementation indispensables à l'application de la loi sur l'eau de 1992 et aux exigences de la Directive Cadre Européenne sur l'eau, il s'est avéré urgent de définir les Bassins d'Alimentation de Captage (dits « BAC » par la suite) et de caractériser leur vulnérabilité aux pressions exercées sur la surface du bassin. L'étude de ces bassins d'alimentation doit ensuite initier les travaux vers la mise en place des périmètres de protection des captages ; cette démarche capitale s'inscrit dans une logique durable de gestion des ressources en eau à Mayotte.

Lors des comités permanents de la MISEEN<sup>1</sup> du 08/11/2007 et du 03/03/2008, il a été convenu que toutes les prises d'eau et tous les forages d'alimentation en eau potable de Mayotte devaient être protégés. Par ailleurs, cinq captages avaient été définis comme prioritaires (inscrits en tant que captages Grenelle sur les listes ministérielles) ainsi que les autres ouvrages d'eau de type : prises d'eau en rivière ou en retenue, forages d'eau souterraine et sources captées destinés à l'alimentation et implantés sur le même bassin versant. L'étude de délimitation des BAC pour ces 5 captages prioritaires est en cours (convention de recherche et développement partagés DAF<sup>2</sup>/BRGM du 18 août 2008).

Suite au Comité Régional de Programmation des opérations de Service Public du BRGM du 03/10/2008 et à la réunion de travail SIEAM/BRGM du 26/12/2008, le SIEAM (Syndicat Intercommunal d'Eau et d'Assainissement de Mayotte) a souhaité poursuivre les études de délimitation des BAC pour les 9 bassins versants restant, concernés par un ou plusieurs captage(s) d'eau souterraine et/ou de surface.

Ces 9 bassins sont divisés en 2 lots de 5 et 4 bassins, en raison (i) des critères de priorité, (ii) du nombre et de la nature des ouvrages d'eau présents, (iii) des connaissances géologiques et hydrogéologiques disponibles et (iv) de l'importance stratégique de la ressource. Cette répartition conditionne en 2009 la nature et l'ordre du déroulement des études.

Les 5 premiers bassins - considérés comme prioritaires par le SIEAM - sont étudiés dans le cadre de la convention SIEAM/BRGM du 24 avril 2009. L'étude couvre les captages suivants (7 prises d'eau en rivière, un drain et 9 forages d'eau souterraine) :

- les 2 prises d'eau de surface du Mro Oua Kwalé (Kwalé haut 12307X0145/KWALHA et Kwalé bas 12307X0146/KWALHA) ainsi que les forages

---

<sup>1</sup> Mission Inter Service de l'Eau et de l'ENvironnement

<sup>2</sup> DAF : Direction de l'Agriculture et de la Forêt de Mayotte

de Kwalé 1 (Indice national: 12307X0022/Koual1) et de Kwalé 3 (12303X0100/Kwalé3), rapport BRGM/RP-57621-FR ;

- les forages de Kawéni F1 (12307X0013/F1), F2 (12307X0014/F2), et 3 10'' (10 pouces) (12307X0021/Kaoué3), rapport BRGM/RP-57620-FR ;
- la prise d'eau du Mro Oua Andrianabé (12306X0054/AMPCAP), le drain de M'tsangamouji (12306X0055/AMPDRA) et les forages de M'tsangamouji 1 (12306X0017/Mtsan1) et 2 (12306X0016/Mtsan2), rapport BRGM/RP-57618-FR ;
- le forage de Béja 1 (12306X0014/BEJA1), rapport BRGM/RP-57619-FR ;
- les 4 prises d'eau de surface des Mro Oua Mouhogoni (12302X0027/CAP\_MO), Mapouéra (12302X0030/CAP\_MP), Mjihari (ou Dzoumogné 12302X0028/CAP\_MJ) et Mahojani (12302X0029/CAP\_MA) ainsi que le forage de Mohogoni (12302X0025/MOHOG) qui font l'objet du présent rapport<sup>1</sup>.

Les 4 bassins restants sont étudiés dans le cadre de la convention nationale ONEMA/BRGM 2009<sup>2</sup> avec la participation de la DAF et la DASS de Mayotte.

Les résultats de l'étude à l'échelle du bassin versant du Mro Oua Maré montrent que celui-ci figure parmi les bassins les plus grands en surface (près de 23 km<sup>2</sup>) et les plus arrosés de l'île (878 mm de précipitations efficaces, soit plus de 50 % des précipitations totales) ; précipitations qui s'expliquent non seulement en raison de sa position septentrionale mais aussi de son altitude moyenne élevée (146 m NGM). Par conséquent, le nombre d'ouvrages d'eau y est important : le bassin compte une retenue collinaire (celle de Dzoumogné construite en 2001) et 4 prises en rivière situées directement sur le Mro Oua Maré ou sur un de ses affluents.

Géologiquement, le bassin comporte deux régions distinctes. A l'Ouest du bassin, les unités volcaniques sont identifiées comme étant des séries de basanite et de basalte ankaramitique Mio Pliocène appartenant à l'édifice du Nord, alors qu'à l'Est, les séries basaltiques sont plus récentes et appartiennent à l'édifice Pléistocène du Mlima Digo. Il s'agit de faciès plus différenciés et souvent moins altérés (trachyte, trachyandésite, mugéarite, etc.).

L'absence de chroniques de mesures régulières et prolongées (chroniques de débits des cours d'eau, chroniques piézométriques, pluviométriques) et le vandalisme ou l'abandon d'ouvrages de mesure (piézomètre de Dzoumogné 1, forage de Mohogoni, etc.) sont des facteurs qui rendent délicates les interprétations hydrologiques et hydrogéologiques des mécanismes du bassin. Néanmoins, il s'avère que les comportements hydrologiques des cours d'eau et hydrogéologiques des nappes placées en aval hydraulique de la retenue ont été fortement modifiés depuis la mise en

---

<sup>1</sup> Une attention particulière doit être portée sur le fait qu'il est écrit « Mouhogoni » quand il s'agit du captage mais « Mohogoni » quand il est fait référence au forage.

<sup>2</sup> La signature de la convention ONEMA/DAF/BRGM 2009 du 9 juin 2009 prévoit la réalisation des études BAC sur les 4 bassins versants restant. Fin 2009, les études BAC devront être abouties sur tous les captages en service ou en instance de mise en service de Mayotte.

fonctionnement de cette dernière. Par ailleurs, les années 2004 et 2005 qui sont les plus représentées dans les chroniques ne sont vraisemblablement pas les années les plus représentatives en termes de comportements hydrologiques en raison (i) du fonctionnement de la retenue et (ii) des forts régimes pluviométriques de ces années.

4 Bassins d'Alimentation de Captages (BAC) de surface ont été délimités. Le BAC le plus grand est celui de la prise d'eau de Mjihari, à hauteur du village de Dzoumogné et intègre les BAC des prises d'eau de Mahojani et Mapouéra ainsi que la retenue collinaire. Le BAC de la prise d'eau de Mouhogoni est positionné sur un affluent du Mro Oua Maré, en aval des autres captages et donc des autres BAC avec lesquels il n'est pas interconnecté.

En ce qui concerne le forage de Mohogoni, compte tenu de son caractère artésien jaillissant et de sa récente mise en exploitation (fin 2008), les informations nécessaires à la caractérisation et à la délimitation du bassin d'alimentation sont peu nombreuses. La mise en relation des niveaux piézométriques de 2004/2005 avec la chronique des débits du Mro Oua Mouhogoni montre que les alimentations de la nappe captée au niveau du forage sont en partie assurées par les infiltrations du cours d'eau. Des alimentations plurielles sont possibles et permettraient d'expliquer la concomitance de fortes concentrations en fer et manganèse dans les eaux (signe d'une résidence prolongée) et de paramètres bactériologiques (entérocoques, Coliformes, etc.) signes d'une contamination opérée à proximité.

L'estimation de la **vulnérabilité** des bassins d'alimentation de captage indique :

- que la ressource en eau souterraine captée à hauteur du forage de Mohogoni est assez bien protégée comme en témoigne le caractère captif artésien jaillissant de la nappe et les valeurs élevées des indices IDPR couvrant la surface du BAC. Néanmoins, la présence de germes bactériologiques (à vérifier) pourrait venir nuancer cette observation ;
- que les eaux de surface sont, dans l'ensemble, relativement vulnérables. Les formations lithologiques et pédologiques qui constituent le substratum des cours d'eau sont des formations plutôt ruisselantes et - par là même - reconnues comme plus vulnérables vis-à-vis des eaux de surface (les basanites Mio Pliocènes sont des unités altérées et plutôt ruisselantes, plus ruisselantes que ne le sont les formations de basaltes ankaramitiques tout aussi contemporaines).

L'estimation des **pressions** exercées sur le bassin indique que ces dernières sont plutôt localisées dans les parties aval (village de Dzoumogné, au débouché des vallées et le long de la route nationale) et le long de certains cours d'eau, comme les décharges, les radiers et certaines parcelles de cultures. Comparativement à la moyenne nationale - et à ce qu'il est fréquent de rencontrer sur d'autres bassins versants de Mayotte - la nature et le volume des pressions sont relativement modérés. Les pressions les plus importantes relevées lors des reconnaissances de terrain restent les pratiques de lessives et de lavage de véhicules en rivières (notamment au niveau des radiers mais aussi directement sur les ouvrages).

Le croisement des informations de vulnérabilité et des pressions associées au bassin montre que le risque de dégradation de la ressource en eau du bassin est faible. Dans le détail :

- en ce qui concerne les eaux souterraines, le risque de pollution du forage de Mohogoni est faible. Le degré de vulnérabilité des formations géologiques et pédologiques est faible vis-à-vis des eaux souterraines et – à l'exception de quelques cultures vivrières en amont, essentiellement des bananes – aucune pression significative n'est à signaler dans le périmètre du bassin d'alimentation ;
- en ce qui concerne les eaux de surface, la carte IDPR montre que les formations géologiques et pédologiques ont une inclinaison au ruissellement plus marquée que d'autres bassins versants de l'île (en comparaison avec les bassins versants du Mro Oua Gouloué, Mro Oua Kwalé, Mro Oua Andrianabé, etc.). Cette observation suggère que le degré de vulnérabilité des eaux de surface est sensiblement plus élevé. Les pressions étant absentes des BAC supérieurs de Mapouéra et de Mahojani, ces captages ne sont pas inquiétés par un risque de pollution. Le captage de Mouhogoni (au BAC très comparable à celui du forage) ne montre pas de pressions vraiment significatives le long du cours d'eau. Toutes les pressions sont concentrées directement sur l'ouvrage lors des lessives. Il en est de même pour le captage de Mjihari où les pressions les plus significatives sont exercées directement sur l'ouvrage (lessives) ou quelques centaines de mètres en amont au niveau du radier (lessives et lavage de voitures).
- les temps d'atteinte (1 ou 2 heure(s)) ont été calculés à hauteur des captages de surface en hautes et basses eaux. Il ressort que certains cours d'eau ont des vitesses de transfert rapides, donc des limites de temps d'atteinte repoussées assez haut en amont, même en basses eaux : c'est le cas par exemple des Mro Oua Mjihari et Mapouéra qui participeront plus facilement à la propagation d'une pollution au captage.

Ces résultats montrent qu'il est nécessaire (i) de surveiller attentivement la ressource en eau des BAC, plus particulièrement au niveau des captages de Mjihari et de Mouhogoni et (ii) de faire appliquer les réglementations en vigueur (90 % des pressions exercées sur les captages sont directement exercées sur l'ouvrage et pourraient être aisément réduites) et (iii) de poursuivre rapidement le programme d'étude qui doit aboutir à l'instauration des périmètres de protection et aux plans d'action adaptés à la protection de la ressource.

La Direction de l'Agriculture et de la Forêt (DAF), la Direction des Affaires Sanitaires et Sociales (DASS) de Mayotte et le Syndicat Intercommunal des Eaux et Assainissement de Mayotte (SIEAM) se sont engagés dans une démarche consensuelle et souhaitent à l'avenir étendre ces études et les procédures réglementaires à l'ensemble des captages AEP de l'île ainsi qu'aux forages prochainement mis en exploitation. La réalisation de l'ensemble des BAC de l'île permettra de mettre en place rapidement les périmètres de protection de captages au

sens administratif, d'instruire les dossiers de Déclaration d'Utilité Publique<sup>1</sup> et de mettre en application les plans d'action de protection des ressources.

---

<sup>1</sup> Comme prévu par (i) loi sur l'eau du 16 décembre 1964, (ii) la loi relative à la protection de la santé publique de 1902, article 10, qui impose pour tous captages la réalisation d'une Déclaration d'Utilité Publique qui déterminera - si nécessaire – un périmètre de protection contre la pollution de l'ouvrage, (iii) la loi sur l'eau de 1992 qui impose à tous les captages la délimitation des périmètres de protection. Cette loi, rétroactive, s'applique aussi bien aux captages en création qu'aux captages antérieurs et (iv) le Plan National Santé Environnement qui fixe comme objectif que l'ensemble des captages soient protégés en 2010.



## Sommaire

<b>1. Introduction</b> .....	<b>17</b>
<b>2. Présentation du bassin versant</b> .....	<b>21</b>
2.1. LOCALISATION DU BASSIN VERSANT ET DES OUVRAGES D'EAU .....	21
2.2. TOPOGRAPHIE .....	23
2.2.1. Altitudes .....	23
2.2.2. Pentes .....	25
2.3. PLUVIOMETRIE .....	27
2.4. RESEAU HYDROGRAPHIQUE, HYDROLOGIE ET MORPHOLOGIE DU COURS D'EAU .....	30
2.4.1. Présentation du réseau hydrologique .....	30
2.4.2. Morphologie du cours d'eau .....	31
2.4.3. Débits .....	33
2.5. GEOLOGIE DU BASSIN VERSANT .....	38
2.6. MORPHOPEDOLOGIE .....	43
2.7. RECONNAISSANCE DE TERRAIN DU 19 OCTOBRE 2009 .....	46
2.8. IMPLICATIONS HYDROGEOLOGIQUES .....	49
<b>3. Délimitation des bassins d'alimentation de captage</b> .....	<b>53</b>
3.1. LES CAPTAGES DE MOUHOGONI, MJIHARI, MAHOJANI ET MAPOUERA .....	53
3.1.1. Captage de Mouhogoni - BSS 12302X0027/CAP_MO .....	53
3.1.2. Captage de Mjihari (ou Dzoumogné) – BSS 12302X0028/CAP_MJ .....	58
3.1.3. Captage de Mapouéra – BSS 12302X0030/CAP_MP .....	61
3.1.4. Captage de Mahojani – BSS 12302X0029/CAP_MA .....	64
3.2. RECAPITULATIF DES DECOUPAGES DES BASSINS D'ALIMENTATION DES CAPTAGES DU BASSIN VERSANT DU MRO OUA MARE .....	67
3.3. LE FORAGE DE MOHOGONI - 12302X0025/MOHOG .....	69
3.3.1. Présentation .....	69
3.3.2. Piézométrie .....	71
3.3.3. Qualité de l'eau .....	74

3.3.4. Délimitation du bassin d'alimentation du forage.....	75
<b>4. Caractérisation de la vulnérabilité.....</b>	<b>77</b>
4.1. EVALUATION DE LA VULNERABILITE DU FORAGE DE MOHOGONI : APPLICATION DE LA METHODE IDPR.....	77
4.2. EVALUATION DE LA VULNERABILITE DES PRISES D'EAU EN RIVIERE DU BASSIN DU MRO OUA MARE : APPLICATION DE LA METHODE IDPR.....	79
4.3. CALCUL DES TEMPS D'ATTEINTE DES COURS D'EAU DU BASSIN EN AMONT DES PRISES D'EAU .....	81
4.3.1. Calcul du temps d'atteinte du Mro Oua Mouhogoni en amont du captage de Mouhogoni .....	82
4.3.2. Calcul du temps d'atteinte du Mro Oua Tanabé en amont du captage de Mjihari.....	84
4.3.3. Calcul du temps d'atteinte du Mro Oua Mapouéra en amont du captage de Mapouéra .....	85
4.3.4. Calcul du temps d'atteinte du Mro Oua Mahojani en amont du captage de Mahojani.....	87
<b>5. Caractérisation des pressions .....</b>	<b>91</b>
5.1. INVENTAIRE DES PRESSIONS EXISTANTES SUR LE BASSIN VERSANT DU MRO OUA MARE.....	91
5.1.1. Pressions urbaines : déchets / assainissement / lessives / pêches.....	91
5.1.2. Pressions agricoles .....	94
5.1.3. Pressions industrielles .....	94
5.1.4. Risques naturels .....	95
5.2. CARTOGRAPHIE DES PRESSIONS .....	96
<b>6. Evaluation du risque de pollution des bassins d'alimentation de captages du bassin versant du Mro Oua Maré.....</b>	<b>99</b>
6.1. CARTE DE CROISEMENT VULNERABILITE / PRESSION DU BASSIN D'ALIMENTATION DU FORAGE DE MOHOGONI.....	99
6.2. CARTE DE CROISEMENT VULNERABILITE / PRESSION DES BAC DE SURFACE .....	101
<b>7. Recommandations .....</b>	<b>105</b>
<b>8. Conclusion.....</b>	<b>107</b>
<b>9. Références bibliographiques .....</b>	<b>109</b>

## Liste des illustrations

Illustration 1. Découpage du bassin versant topographique du Mro Maré et localisation des captages en rivière de Mapouéra, Mahojani, Mjihari (ou Dzoumogné) et Mouhogoni, du forage AEP de Mohogoni, des stations de jaugeages en rivière, des piézomètres de Dzoumogné et Dzoumogné 2 et du pluviomètre de la retenue collinaire. Le bassin versant occupe une surface significative de la région Nord-ouest de Grande-Terre. A cette échelle, le captage de Mouhogoni et le forage de Mohogoni sont souvent superposés.....	21
Illustration 2. Altitude du bassin versant du Mro Maré (d'après le modèle numérique de terrain au pas de 25 m IGN©).....	24
Illustration 3. Histogramme de répartition des altitudes sur le bassin versant du Mro Oua Maré (d'après le Modèle Numérique de Terrain IGN© au pas de 25 m).....	25
Illustration 4. Cartographie des pentes du bassin versant du Mro Maré (d'après le Modèle Numérique de Terrain IGN© au pas de 25 m).....	26
Illustration 5. Profil en long des Mro Oua Bandrani, Massoulana, Mohogoni, Bizijou et Mapouéra et position relative de la retenue collinaire, des captages, du forage de Mohogoni et du piézomètre de Dzoumogné 2 (la localisation des cours d'eau est donnée Illustration 6).....	31
Illustration 6. Localisation des profils en long des Mro Oua Massoulana, Bandrani, Mapouéra, Mouhogoni et Bizijou .....	32
Illustration 7. Déversement des eaux des prises d'eau de Mapouéra et Mahojani vers la retenue collinaire de Dzoumogné. Le seuil A2H est positionné point 30 de l'illustration 14 et le débit estimé supérieur à 20 L/s (photographie BRGM du 19 octobre 2009). .....	33
Illustration 8. Débits du Mro Oua Mouhogoni enregistrés à la station 12302X0033/J_A2M entre octobre 1998 et octobre 2007 (données DAF de Mayotte) .....	35
Illustration 9. Débits du Mro Oua Mjihari enregistrés à la station 12302X0033/J_A2W de Dzoumogné ouest entre octobre 1995 et décembre 2000 (données DAF de Mayotte).....	36
Illustration 10. Débits de débordement de la retenue collinaire de Dzoumogné enregistrés à la station 12302X0032/J_A2R entre janvier 2002 et décembre 2004 (données DAF de Mayotte).....	37
Illustration 11. Géologie du bassin versant du Mro Oua Maré (Stieltjes – 1988) .....	39
Illustration 12. Les formations basaltiques altérées du bassin du Mro Oua Maré sont responsables du radoucissement de la pente du cours d'eau entre 40 et 100 m NGM dans le cas du Mro Oua Mjihari (ici) et entre 80 et 120 m NGM dans le cas du Mro Oua Mouhogoni (cliché BRGM, observations de terrain du 19 octobre 2009).....	41
Illustration 13. Les mêmes basaltes identifiés dans le cours du Mro Oua Mouhogoni. Ces formations jouent ici le rôle de surface de suintement. Les écoulements circulant sur cette surface contribuent significativement à l'alimentation du cours d'eau (photographie BRGM du 23 octobre 2009).....	41
Illustration 14. Formations pédologiques superficielles du bassin versant du Mro Oua Maré 1/50 000 (Latrille et al – 1981) .....	44

Illustration 15. Localisation des points d'observations de la sortie de reconnaissance du 19 octobre 2009. Les points 2 et 3 sont confondus.....	46
Illustration 16. Chroniques du piézomètre de Dzoumogné 12302X0017/DZOU1 entre le 13/11/1992 et le 13/12/2004.....	50
Illustration 17. Captage de Mouhogoni (photographie BRGM du 19 octobre 2009). Le captage est utilisé comme site de lessive par les lavandières. Les sachets de Klin et les déchets domestiques en arrière plan témoignent d'une occupation assez importante du site. ....	53
Illustration 18. Localisation des sites de prélèvements du 01/06/2000 (cf. BGRM/RC-50355-FR).....	55
Illustration 19. Le captage de Mjihari ou Dzoumogné (photographie BRGM du 14 octobre 2009). Le captage est utilisé comme site de lessive par la population de Dzoumogné. Les déchets domestiques sont jetés en aval du captage (visibles en arrière plan : sachets de Klin, bouteilles de javel, etc.) .....	59
Illustration 20. captage de Mapouéra (photographie BRGM du 19 octobre 2009). Le batardeau et les fuites assurent un débit minimum en aval des grilles de l'ordre de 1 L/s. ....	62
Illustration 21. Principes de fonctionnement des captages de Mapouéra et de Mahojani. Illustration de la dérivation des eaux vers le Mro Oua Bandrani. Le tracé initial est celui noté en pointillé dont l'alimentation est aujourd'hui assuré par les fuites des prises d'eau et les débordements des bâtards d'eau. ....	62
Illustration 22. Captage de Mahojani (photographie BRGM du 19 octobre 2009). Le régime hydrologique étant faible (moins de 1 L/s mesuré en amont, cf. § 4.3), le captage ne fonctionne pas ce jour là.....	65
Illustration 23. Découpage des 4 bassins d'alimentation des captages de surface du bassin versant du Mro Oua Maré. ....	67
Illustration 24. Le forage de Mohogoni (photographie BRGM du 20 octobre 2009) .....	70
Illustration 25. Piézomètre dans l'enceinte de l'enclos du forage de Mohogoni. D'après la DAF, ce piézomètre est antérieur aux travaux du forage de Mohogoni (photographie BRGM du 19 octobre 2009). L'ouvrage est manifestement instrumenté.....	71
Illustration 26. Chronique piézométrique du forage de Mohogoni entre le 23/08/2004 et le 26/12/2005 (données DAF de Mayotte). La cote maximale est de 12,12 m NGM, au-delà les niveaux ne sont plus mesurables car ils débordent.....	72
Illustration 27. Superposition des chroniques de débit du Mro Oua Mouhogoni (en m <sup>3</sup> /s à droite) et de piézométrie du forage de Mohogoni (en m NGM à gauche).....	73
Illustration 28. Délimitation du bassin d'alimentation du forage de Mohogoni (trait tireté rouge). Ce bassin d'alimentation de captage est commun au forage de Mohogoni et à la prise d'eau en rivière de Mouhogoni.....	76
Illustration 29. Carte de vulnérabilité du bassin d'alimentation du forage de Mohogoni .....	77
Illustration 30. Carte de vulnérabilité des bassins d'alimentation des captages de surface du bassin versant du Mro Oua Maré. En rouge sont figurées les limites des 4 bassins d'alimentation de captage. ....	79
Illustration 31. Découpage des cours d'eau en amont des prises d'eau de surface du bassin versant du Mro Oua Maré pour application des calculs de Manning Strickler. Localisation des points de jaugeage au sel du 23 octobre 2009. ....	81

Illustration 32. Limites des temps d'atteinte aux captages en hautes eaux et en basses eaux. Ces limites sont fixées à 1 h pour les captages de Mouhogoni, Mapouéra et Mahojani et à 2 h pour le captage de Mjihari. ....	89
Illustration 33. Le captage de Mouhogoni est utilisé pour les lessives domestiques (à mettre en relation avec l'illustration 17, photographie BRGM du 19 octobre 2009). ....	92
Illustration 34. Le captage de Mjihari (Dzoumogné) est souvent utilisé pour les lessives domestiques et nombre de déchets ménagers demeurent sur place (photographie BRGM du 19 octobre 2009). ....	92
Illustration 35. Exemple de décharge sauvage de matériaux inertes au bord du captage de Mjihari (Dzoumogné) auxquels sont mêlés aussi des déchets domestiques (photographie BRGM du 19 octobre 2009). ....	92
Illustration 36. Décharge sauvage sur la piste de la retenue collinaire de Dzoumogné. Point 25 de l'illustration 15. Les déchets sont pour la plupart des matériaux inertes : béton, ferrailles, gravats, etc. (photographie BRGM du 19 octobre 2009). ....	93
Illustration 37. Décharge sauvage sur la piste de la retenue collinaire de Dzoumogné. Point 26 de l'illustration 15. Les déchets sont hétérogènes et sont brûlés régulièrement (photographie BRGM du 19 octobre 2009). ....	93
Illustration 38. Lavage de véhicules au niveau du radier de la piste de la retenue collinaire de Dzoumogné (photographie du Conseil Général de Mayotte – Direction de l'Environnement et du Développement Durable, 19 août 2007) ....	93
Illustration 39. Carte des pressions exercées sur le bassin versant du Mro Oua Maré (octobre 2009) ....	96
Illustration 40. Carte de croisement des informations de vulnérabilité et de pressions vis-à-vis du bassin d'alimentation du forage de Mohogoni ....	99
Illustration 41. Carte de croisement des informations de vulnérabilité et de pressions vis-à-vis des bassins d'alimentation des captages de surface du bassin versant du Mro Oua Maré (délimitation en tirets rouges pour les BAC. Les captages sont les points bleus) ....	101
Illustration 42. Les limites de temps d'atteinte sont rajoutées sur la carte de croisement. La limite de temps d'atteinte est fixée à 1 h (hautes et basses eaux) pour les BAC de Mapouéra, Mahojani et Mouhogoni et à 2 h (hautes et basses eaux) pour le BAC de Mjihari. ....	102

## Liste des tableaux

Tableau 1. Informations relatives au pluviomètre de Dzoumogné A14. ....	27
Tableau 2. Cumuls des précipitations annuelles enregistrées à hauteur du pluviomètre A14 de Dzoumogné. Les valeurs marquées d'une (*) sont incomplètes. ....	27
Tableau 3. Cumul annuel et moyenne des précipitations enregistrées à la station pluviométrique de Bandrazia Nord M6 entre 1996 et 2008 ....	28
Tableau 4. Calcul de la pluie efficace à l'altitude moyenne du bassin versant du Mro Oua Maré (146 m NGM) – la valeur de référence de Réserve Facilement Utilisable	

(RFU) est fixée à 50 mm, sur indication du CIRAD de Mayotte. Une valeur de 100 mm avait été retenue dans les travaux de Lapègue en 1999. ....	29
Tableau 5. Stations de jaugeage du bassin versant du Mro Oua Maré (mise à jour novembre 2009).....	34
Tableau 6. Disponibilité des chroniques de débit validées (données DAF, mise à jour novembre 2009).....	34
Tableau 7. Description minéralogique des échantillons recueillis lors de la reconnaissance de terrain. Les points GPS sont à rattacher à l'illustration 14.....	42
Tableau 8. Observations géographiques, géologiques, hydrologiques et géomorphologiques réalisées lors de la reconnaissance de terrain du 19 octobre 2009. ....	48
Tableau 9. Les piézomètres 12302X0017/DZOU1 et 12302X0026/PZ1 du bassin versant du Mro Oua Maré.....	49
Tableau 10. Informations relatives au captage en rivière de Mouhogoni.....	54
Tableau 11. Résultats des mesures et analyses réalisées à proximité (aval et amont) du captage du Mro Oua Mouhogoni le 01/06/2000 (extrait du rapport BRGM/RC-50355-FR).....	55
Tableau 12. Informations relatives au captage en rivière de Mjihari (ou Dzoumogné).....	58
Tableau 13. Informations relatives au captage en rivière de Mapouéra .....	61
Tableau 14. Informations relatives au captage en rivière de Mahojani.....	64
Tableau 15. Récapitulatif des informations relatives aux bassins d'alimentation des captages de surface du bassin versant du Mro Oua Maré.....	68
Tableau 16. Informations relatives au forage de Mohogoni. ....	69
Tableau 17. Caractéristiques des zones en amont du captage de Mouhogoni pour détermination des vitesses de transfert.....	82
Tableau 18. Points de jaugeage et valeurs des débits d'étiage du Mro Oua Mouhogoni en amont de la prise d'eau (23 octobre 2009).....	83
Tableau 19. Vitesses de transfert du Mro Oua Mouhogoni et temps d'atteinte au captage de Mouhogoni. Les valeurs de BE sont données pour les débits d'étiage (Tableau 15). Le détail des calculs en hautes eaux est présenté en Annexe 3.....	83
Tableau 20. Caractéristiques de la zone comprise entre l'amont de la prise d'eau de Mjihari et la digue de la retenue collinaire pour détermination des vitesses de transfert.....	84
Tableau 21. Point de jaugeage et valeur du débit d'étiage du Mro Oua Tanabé en amont de la prise d'eau (23 octobre 2009).....	84
Tableau 22. Vitesses de transfert du Mro Oua Tanabé et temps d'atteinte au captage de Mjihari. Les valeurs de BE sont données pour les débits d'étiage (Tableau 18). Le détail des calculs en hautes eaux est présenté en Annexe 3. ....	85
Tableau 23. Caractéristiques de la zone amont de la prise d'eau de Mapouéra pour détermination des vitesses de transfert.....	85
Tableau 24. Point de jaugeage et valeur du débit d'étiage du Mro Oua Mapouéra en amont de la prise d'eau (23 octobre 2009).....	86

Tableau 25. Vitesses de transfert du Mro Oua Mapouéra et temps d'atteinte au captage de Mapouéra. Les valeurs de BE sont données pour les débits d'étiage (Tableau 21). Le détail des calculs en hautes eaux est présenté en Annexe 3.....	86
Tableau 26. Caractéristiques de la zone amont de la prise d'eau de Mahojani pour détermination des vitesses de transfert .....	87
Tableau 27. Point de jaugeage et valeur du débit d'étiage du Mro Oua Mahojani en amont de la prise d'eau (23 octobre 2009) .....	87
Tableau 28. Vitesses de transfert du Mro Oua Mahojani et temps d'atteinte au captage de Mahojani. Les valeurs de BE sont données pour les débits d'étiage du Tableau 24. Le détail des calculs en hautes eaux est présenté en Annexe 3.....	88
Tableau 29 - Population du village de Dzoumogné (chiffres INSEE 2007) .....	91
Tableau 30. Sites industriels et activités de service du bassin versant du Mro Oua Maré (extrait du rapport BRGM/RP-52906-FR, Malard et al. 2009) .....	94

## Liste des annexes

Annexe 1 Coupes technique du forage de Mohogoni et des piézomètres de Dzoumogné.....	113
Annexe 2 Analyses physico-chimiques des eaux du bassin versant du Mro Oua Maré .....	117
Annexe 3 Détails des calculs d'application de la formule de Manning Strickler au Mro Oua Maré .....	121
Annexe 4 Jaugeages au sel du 23 octobre 2009 .....	125



# 1. Introduction

A l'heure actuelle, l'île de Mayotte est pourvue de 37 ouvrages d'eau en fonctionnement (20 forages ou drains d'eaux souterraines, 16 captages en rivière et une usine de dessalement) qui assurent l'alimentation de près de 187 000 habitants (chiffre INSEE 2007, très certainement 200 000 aujourd'hui). Paradoxalement, malgré le développement des pressions, quasiment aucun de ces ouvrages ne fait l'objet de périmètre de protection comme prévu au titre de la loi sur l'eau de 1992<sup>1</sup>.

Ainsi, considérant l'essor démographique et la pression des aménagements dont l'île est l'objet, il s'avère urgent de mettre en place les pratiques réglementaires de protection des ressources en eau.

Le BRGM, pour le compte du SIEAM (Syndicat Intercommunal d'Eau et d'Assainissement de Mayotte) s'est engagé à mener en 2009 les études relatives à la délimitation et à la caractérisation des Bassins d'Alimentation de Captages (BAC) sur le bassin versant du Mro Oua Maré qui compte 5 ouvrages d'eau en fonctionnement :

- les captages de surface de Mouhogoni (BSS 12302X0027/CAP\_MO), de Mjihari (ou Dzoumogné, BSS 12302X0028/CAP\_MJ), de Mapouéra (BSS 12302X0030/CAP\_MAP) et de Mahojani (BSS 12302X0029/CAP\_MA) ;
- le forage de Mouhogoni (BSS 12302X0025/MOHOG).

Le bassin abrite aussi la retenue collinaire de Dzoumogné depuis 2001, ouvrage qu'il est important de considérer dans les mécanismes hydrologiques du bassin par les modifications qu'il apporte.

Sur chaque bassin versant, la nécessité des études à l'échelle des bassins d'alimentation de captages à Mayotte se justifie par l'insuffisance et/ou l'absence de nombreuses données, informations et connaissances géologiques, hydrologiques et hydrogéologiques nécessaires à la définition pertinente des périmètres de protection de captages.

En ce qui concerne la définition de la méthodologie d'étude, le BRGM a travaillé sur l'élaboration d'une méthodologie nationale relative aux eaux souterraines (Vernoux J.F. et al. 2007-2008 : rapports BRGM/RP-55332-FR, RP-55874-FR et RP-55875-FR) qui peut être adaptée aux milieux poreux, aux aquifères karstiques ainsi qu'aux aquifères fissurés de socle et/ou - dans une certaine mesure - volcaniques. En complément, l'Office Fédéral Suisse de l'Environnement, des Forêts et du Paysage (OFEPF) a

---

<sup>1</sup> A nuancer, à l'heure actuelle, il existe un périmètre de protection concernant la retenue collinaire de Combani (Arrêté préfectoral n°03 DAF/98). Par ailleurs, une étude préalable à la définition du périmètre de protection des forages de Kwalé – 12307X0022 et 12307X0100, cf. rapport BRGM/RP-53593-FR – existe, mais aucune suite n'a été donnée en termes d'instauration des périmètres de protection.

apporté sa contribution à la délimitation des zones de protection des eaux souterraines en milieu fissuré (de type massif alpin) par l'élaboration d'une méthodologie plus spécifique appelée DISCO (OFEFP, version provisoire 2002).

Après réflexion, les méthodologies BRGM et OFEFP ne peuvent être appliquées en l'état de manière pertinente sur le sol mahorais en raison des différences de contexte géologique, climatologique, historique, d'occupation des sols, de la diversité des ouvrages d'eau (eau de surface et souterraine) et surtout de connaissances en général. En effet, ces méthodologies nécessitent dans leur application un certain volume de connaissance du milieu et de données qu'il est – à l'heure actuelle – impossible de rassembler à Mayotte. Ces différences contextuelles et le déficit de connaissances et de données nécessitent un travail d'adaptation et l'élaboration de nouveaux protocoles d'étude. Par conséquent, en préambule aux études de caractérisation des bassins d'alimentation de captages de Mayotte, un rapport méthodologique adapté au contexte a été rédigé en août 2009 (Malard A. et al. 2009, BRGM/RP-57299-FR) et a permis de fixer les modalités de ces études, de sélectionner les outils adéquats pour la caractérisation des vulnérabilités, et surtout de proposer un cadre méthodologique commun applicable à l'ensemble des études BAC à Mayotte réalisées en 2009<sup>1</sup>.

Très concrètement, l'étude des bassins d'alimentation de captage des eaux souterraines et de surface à Mayotte comporte trois volets, qui sont les axes usuellement présents dans les méthodologies, et qui seront développés dans l'étude du bassin versant du Mro Oua Maré :

- **la délimitation de la surface d'alimentation** : il s'agit du tracé des limites de la surface participant à l'alimentation du captage. Pour chaque captage, le bassin considéré est la surface sur laquelle toute molécule d'eau précipitée atteindra - à plus ou moins brève échéance – ce dernier. La délimitation des bassins d'alimentation de captage nécessite de connaître à la fois les comportements hydrologiques des eaux de surface, et hydrogéologiques des eaux souterraines.
- **la détermination de la vulnérabilité intrinsèque** : au sein du bassin délimité, il s'agit de déterminer les secteurs les plus contributifs à l'alimentation du captage de surface ou souterrain et donc susceptibles de représenter un vecteur de pollution prépondérant en cas de pollution exercée sur la surface du BAC. L'estimation de la vulnérabilité des captages de surface et souterrains est basée sur le ratio infiltration / ruissellement déterminé par calcul de l'IDPR adapté à Mayotte – c'est à dire en contexte volcanique insulaire sous climat tropical. En ce qui concerne les eaux de surface, la vulnérabilité se verra complétée par l'étude des temps et modalités de transfert des eaux (et par extension d'éventuels polluants en amont des captages) par jaugeages en basses eaux et application des formules de Manning Strickler en hautes eaux.

---

<sup>1</sup> Une exception toutefois ; l'étude du bassin d'alimentation de l'usine de dessalement de Pamandzi (Petite terre, rapport BRGM/RP-57112-FR) ne répond pas à l'application de la méthodologie développée en raison de l'originalité du milieu exploité – à savoir le milieu marin ouvert.

- **le recensement et l'évaluation des pressions exercées sur la surface du bassin d'alimentation** : l'inventaire des types de pressions réalisé à l'échelle de l'île permet de hiérarchiser ces dernières en fonction de leur incidence sur la ressource utilisée à des fins d'eau potable. Sur la surface de chaque BAC, seront identifiées les pollutions potentielles (en nature et volume) auxquelles le captage est exposé.

L'essentiel de la démonstration repose sur la description physique, géologique, hydrologique et hydrogéologique des BAC, ainsi que sur l'utilisation de l'outil IDPR (et développement de l'indice de rugosité) pour la caractérisation de la vulnérabilité. Au final, le croisement des informations de vulnérabilité et de pressions hiérarchisées permet d'appréhender – dans les limites de la surface du bassin d'alimentation - le risque réel encouru par le captage en termes de dégradation de la qualité des eaux par pollution diffuse et/ou chronique.

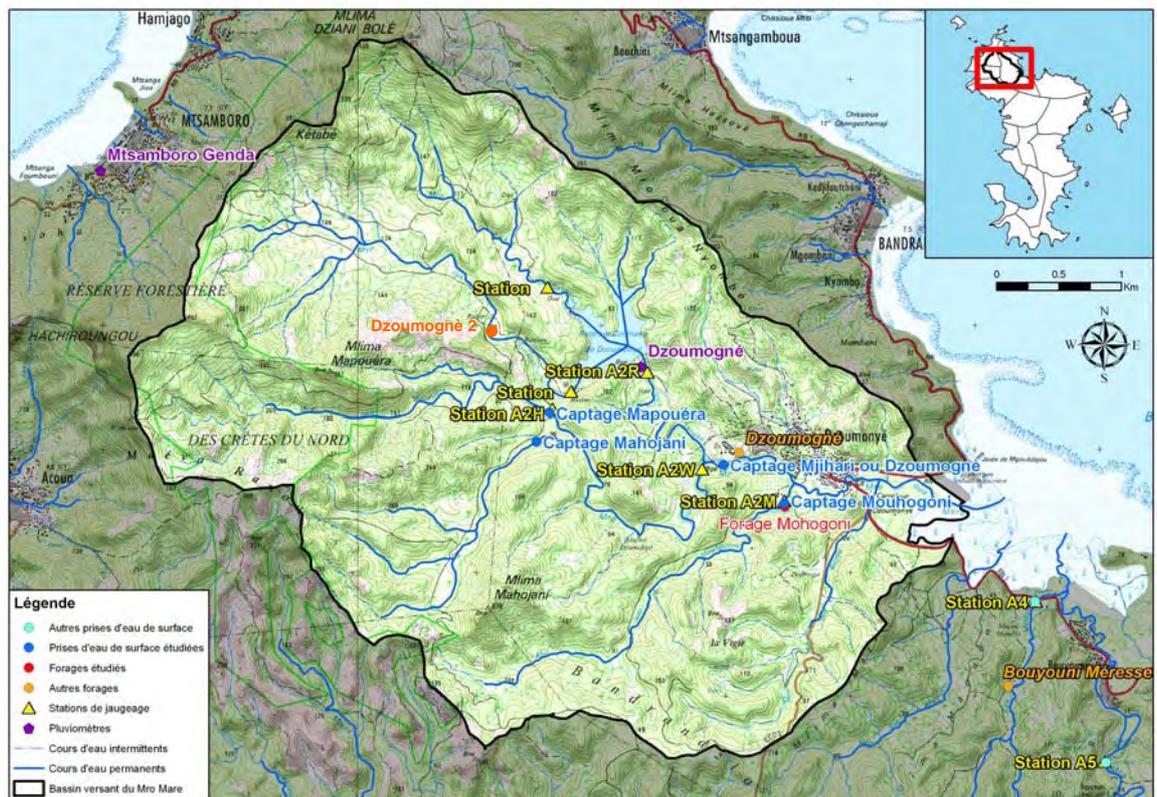
Sur la base de ces informations, des recommandations et vigilances particulières seront à observer sur les zones les plus exposées, c.à.d. où les secteurs les plus vulnérables coïncident avec les pressions les plus fortes. Ces résultats permettront d'estimer le degré de protection de la ressource captée, le risque de dégradation de la qualité des eaux encouru et surtout d'envisager la nature, le volume et les conditions du travail suivant qui portera sur la poursuite des études hydrogéologiques préalables à l'instauration des périmètres de protection de captages (envisagées pour 2010/2011).



## 2. Présentation du bassin versant

### 2.1. LOCALISATION DU BASSIN VERSANT ET DES OUVRAGES D'EAU

Le bassin versant du Mro Oua Maré est situé dans la partie Nord-ouest de Grande-Terre, à cheval sur la commune de Bandraboua à l'Est et la commune de M'tsamboro à l'ouest. L'axe majeur du bassin versant est orienté NW-SE et l'exutoire verse dans le lagon côté Nord à hauteur du village de Dzoumogné (cf. Illustration 1).



*Illustration 1. Découpage du bassin versant topographique du Mro Maré et localisation des captages en rivière de Mapouéra, Mahojani, Mijhari (ou Dzoumogné) et Mouhogoni, du forage AEP de Mohogoni, des stations de jaugeages en rivière, des piézomètres de Dzoumogné et Dzoumogné 2 et du pluviomètre de la retenue collinaire. Le bassin versant occupe une surface significative de la région Nord-ouest de Grande-Terre. A cette échelle, le captage de Mouhogoni et le forage de Mohogoni sont souvent superposés.*

Le bassin compte à l'heure actuelle 5 ouvrages d'eau, utilisés pour l'alimentation en eau potable :

- Les captages de Mapouéra (BSS 12302X0030/CAP\_MAP), Mahojani (BSS 12302X0029/CAP\_MA), Mjihari (ou Dzoumogné, BSS 12302X0028/CAP\_MJ) et Mouhogoni (BSS 12302X0027/CAP\_MO) ;
- Le forage de Mohogoni (BSS 12302X0025/MOHOG) mis en service en décembre 2008.

Le bassin versant se distingue par la présence de la retenue collinaire de Dzoumogné, créée en 2001 avec l'objectif de soutenir les régimes d'étiage du Mro Oua Maré en aval, ce qui permet d'assurer en permanence l'alimentation du captage de Mjihari (ou Dzoumogné).

## 2.2. TOPOGRAPHIE

Compact, le bassin versant du Mro Oua Maré – caractérisé par un exutoire qui se trouve dans la mangrove en aval du village de Dzoumogné – est considéré comme l'un des plus gros bassins versants de l'île, mesurant environ 6,3 km de long pour 4 km de large (cf. Jourdain et al. 2002, rapport BRGM/RP-51498-FR). Le point d'exutoire a été placé au niveau de la limite amont de la ligne de mangrove, territoire considéré comme relevant du domaine continental. Il faut noter qu'à Mayotte, les marnages sont importants et l'influence de la marée peut remonter très en amont du cours d'eau. La mangrove est considérée comme un milieu de transition dont les frontières sont encore approximatives.

Le bassin versant s'étend des reliefs des crêtes du Nord dont le point culminant est le Mlima Dziani Bolé (472 m NGM, point culminant du Nord-ouest de Grande-Terre) à la mangrove de Dzoumogné, en passant par les reliefs de Bandranzia au Sud et les crêtes du Mlima Mro Oua Nyombè au Nord (cf. Illustration 1).

Sa superficie est estimée à 22,7 km<sup>2</sup> pour un périmètre de 21,8 km. L'indice de compacité de Gravelius<sup>1</sup> s'élève à 1,28 (Malard et al. 2009). Il s'agit d'une valeur relativement faible comparativement à la moyenne des indices de Gravelius calculés sur les principaux bassins versants de Mayotte (1,52) qui témoigne de la compacité du bassin versant, souvent synonyme d'une certaine maturité hydrologique (ancienneté des formations géologiques encaissantes, degré d'organisation du réseau hydrologique plus avancé). Cette morphologie implique généralement des temps de concentration courts et des forts débits de pointe.

### 2.2.1. Altitudes

L'altitude moyenne du bassin versant du Mro Oua Maré est de 146 m NGM. Compte tenu du potentiel altimétrique de l'île, cette valeur moyenne est relativement élevée. Les points culminants du bassin sont les reliefs du Mlima Dziani Bolé (472 m NGM) et des crêtes du Nord (mont Hachiroungou 452 m NGM).

La retenue collinaire qui représente l'ouvrage le plus important du bassin est située à l'altitude de 58 m NGM (altitude moyenne de battement des eaux de la retenue) et le village de Dzoumogné s'étale entre 5 et 50 m NGM par endroits.

---

<sup>1</sup> L'indice de compacité de Gravelius est le rapport du périmètre du bassin au périmètre du cercle ayant la même surface.

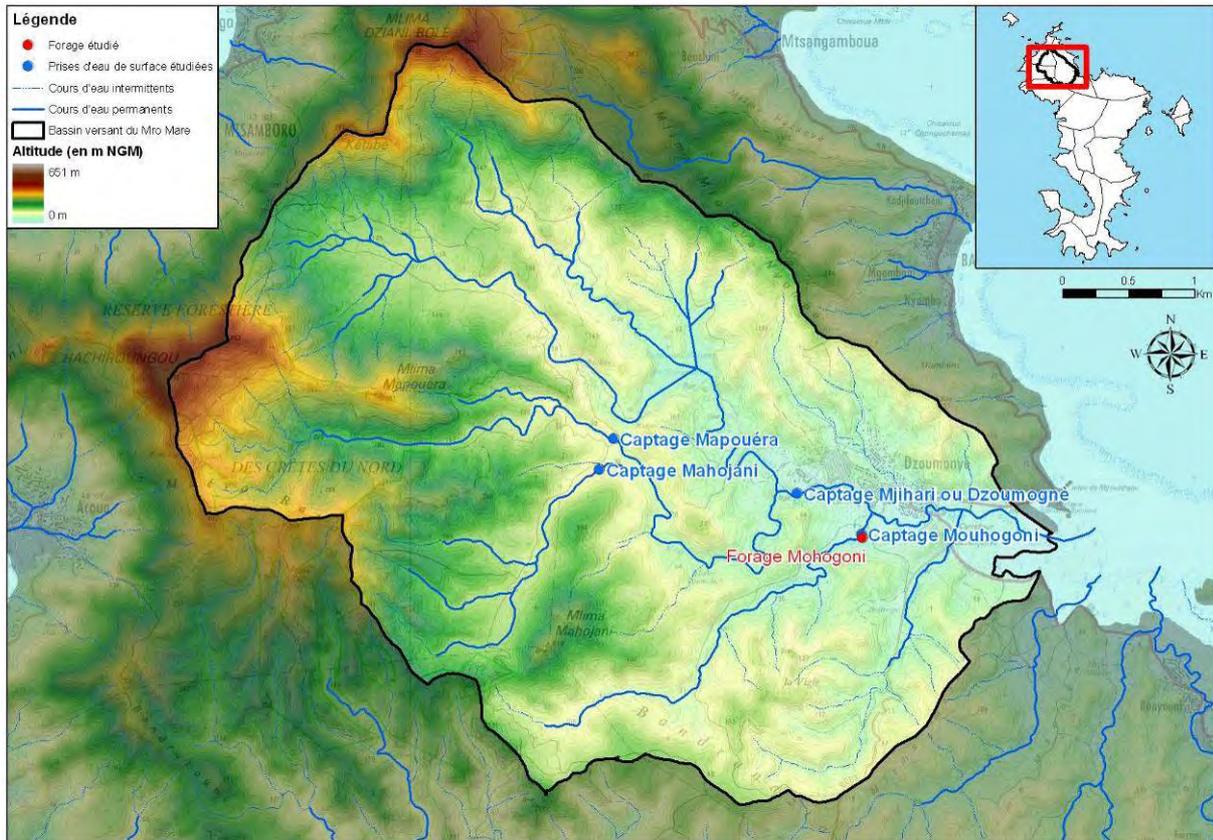


Illustration 2. Altitude du bassin versant du Mro Maré (d'après le modèle numérique de terrain au pas de 25 m IGN©)

Compte tenu de l'orientation ESE du bassin versant, les altitudes les plus élevées se situent à l'Ouest et les plus faibles à l'Est.

La répartition des altitudes sur le bassin versant du Mro Oua Maré montre que les classes d'altitude les mieux représentées se situent entre 50 et 180 m NGM, analyse qui témoigne de la présence d'une plaine ou vallée intermédiaire relativement bien développée (Illustration 3). Les surfaces d'altitude inférieure à 50 m NGM sont représentées en proportions égales et les surfaces supérieures à 180 m NGM décroissent progressivement de 3 à 0 % de représentation.

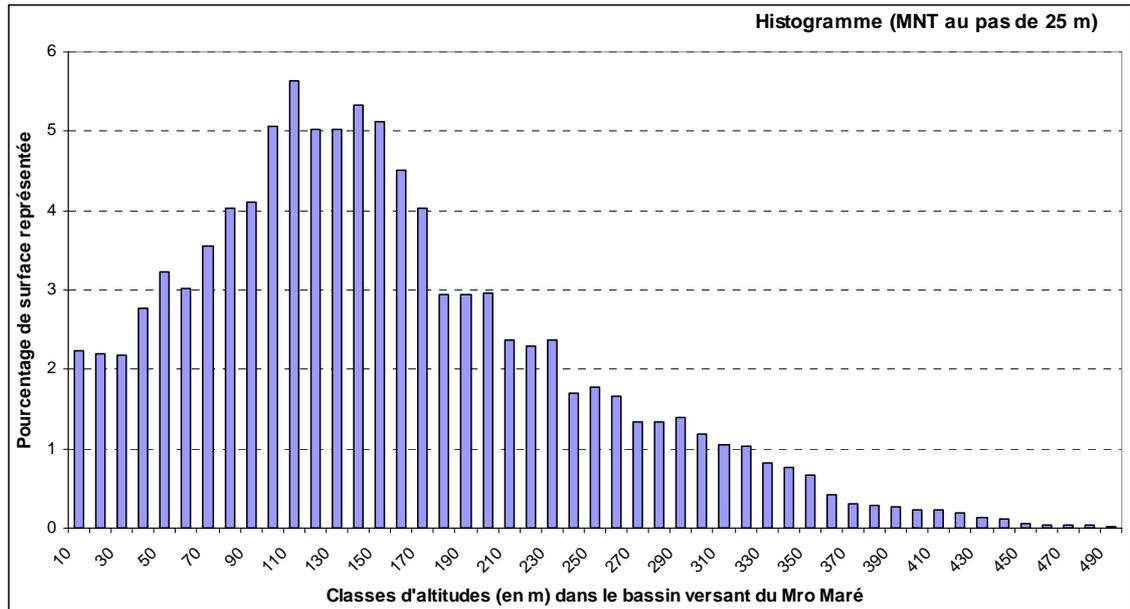


Illustration 3. Histogramme de répartition des altitudes sur le bassin versant du Mro Oua Maré (d'après le Modèle Numérique de Terrain IGN© au pas de 25 m)

Cet histogramme est assez représentatif des profils de bassin à Mayotte, où finalement les niveaux de base ne sont pas les plus abondants en terme de surface. Il apparaît souvent qu'une vallée ou une plaine intermédiaire occupe davantage de superficie.

### 2.2.2. Pentés

La carte des pentés (Illustration 4) est très symétrique à la carte des altitudes précédentes (Illustration 2).

Les pentés les plus fortes (supérieures à 30°) se rencontrent le long des bordures du bassin, notamment sur les flancs hauts du Mlima Dziani Bolé, du mont Hachiroungou et le long du Mlima Mapouréra, relief qui se développe en direction de la retenue.

En ce qui concerne la partie Est du bassin, les reliefs sont plus émoussés, les pentés atteignent localement des valeurs maximales de l'ordre de 30° mais sont plus généralement de l'ordre de 20°.

Les fonds de vallées - qui représentent les surfaces les plus importantes du bassin - ont des pentés assez faibles, inférieures à 10° voire à 5°.

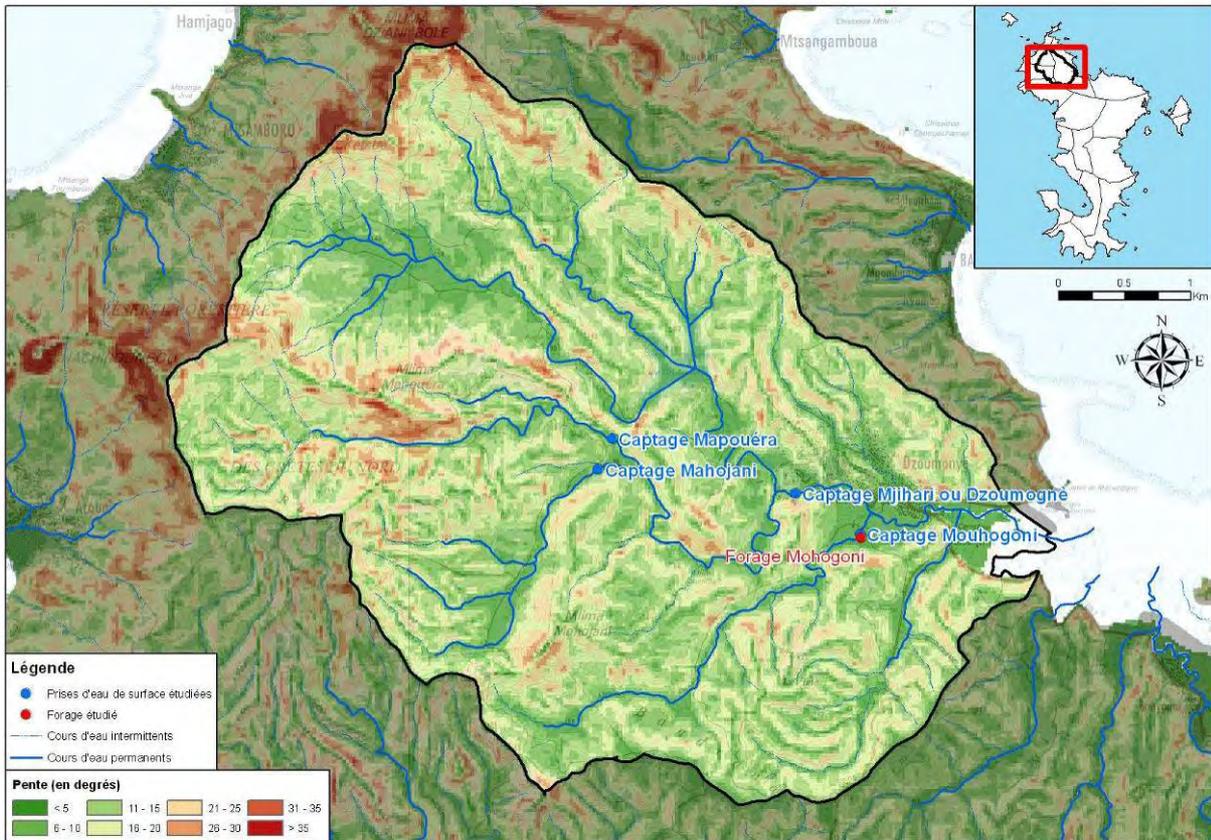


Illustration 4. Cartographie des pentes du bassin versant du Mro Maré (d'après le Modèle Numérique de Terrain IGN© au pas de 25 m)

### 2.3. PLUVIOMETRIE

Le poste pluviométrique de Dzoumogné suivi par la DAF de Mayotte est actuellement le seul poste présent dans le bassin versant du Mro Oua Maré. Le poste est situé au niveau de la retenue collinaire et les données sont enregistrées au pas de temps journalier depuis juin 2006. Le poste pluviométrique de Bandrazia Nord est le second poste le plus proche du bassin versant. Les informations relatives au pluviomètre sont consignées dans le tableau suivant.

Pluviomètre	Code station	Gestionnaire	Coord X (m <sub>RGM04</sub> )	Coord Y (m <sub>RGM04</sub> )	Altitude (m NGM) <sup>9</sup>
Dzoumogné	A14	DAF	511 549	8 594 397	45
Bandrazia Nord	M6	DAF	513 786	8 590 788	128

Tableau 1. Informations relatives au pluviomètre de Dzoumogné A14.

Les précipitations annuelles enregistrées à hauteur du pluviomètre peuvent être résumées dans le Tableau 2. Il est important de noter que (i) la chronique de 2006 ne débute qu'en juin, elle est donc amputée des 5 premiers mois, (ii) la chronique de 2008 s'arrête en avril pour des raisons techniques et à l'exception d'une valeur en octobre, il n'existe pas d'autres enregistrements.

Années	2006	2007	2008
Cumul annuel (mm)	1165*	1633	683*

Tableau 2. Cumuls des précipitations annuelles enregistrées à hauteur du pluviomètre A14 de Dzoumogné. Les valeurs marquées d'une (\*) sont incomplètes.

Ainsi, sur la seule base des enregistrements de 2007, le cumul annuel moyen du bassin versant à l'altitude de 45 m NGM est évalué autour de 1600 mm. Les calculs suivants seront établis sur la base de cette donnée, considérée - en l'absence de chronique plus longue - comme valeur représentative du bassin. La poursuite du suivi pluviométrique de la station permettra de disposer dans les années qui viennent de valeurs plus précises et plus intégratrices des aléas interannuels.

En ce qui concerne le pluviomètre de Bandrazia Nord, la chronique des précipitations est enregistrée depuis 1996 (cf. Tableau 3). Entre 1996 et 2008, les précipitations

<sup>9</sup> Les altitudes ont été vérifiées sur le MNT IGN© 2009 et l'incertitude peut être considérée comme étant – au maximum - de l'ordre du mètre.

moyennes sur le bassin sont de 1511 mm sur l'année avec une variabilité de 990 à 2250 mm pour les années respectivement les plus sèches et les plus pluvieuses et avec plus de 500 mm les mois les plus pluvieux (janvier 2004 et janvier 2008). 2004, 2005 et 2008 sont les années les plus arrosées de toute la chronique.

Années	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Cumul annuel (mm)	1350	1216	1324	1601	1650	1078	988	1353	2257	1790	1598	1485	1955
Moyenne (mm)	1511												

Tableau 3. Cumul annuel et moyenne des précipitations enregistrées à la station pluviométrique de Bandrazia Nord M6 entre 1996 et 2008

La pluviométrie à l'altitude moyenne du bassin versant du Mro Oua Maré (146 m NGM) sera considérée comme étant la moyenne des précipitations annuelles du pluviomètre de Dzoumogné sur l'année 2007- corrigée du facteur d'altitude.

La correction du facteur d'altitude est apportée par la relation  $\partial(P_z) / \partial z = 1,3 \text{ mm/m}$  avec  $P_z$  le cumul des précipitations annuelles à l'altitude  $z$  (relation établie dans le cadre du programme d'études relatives aux modalités d'exploitation et de protection de l'aquifère de Kawéni, cf. Malard et al. 2009a, rapport BRGM/RP-57385-FR).

Ainsi, la pluviométrie moyenne annuelle du bassin versant du Mro Oua Maré est  $P_z = 1633 + 101 \times 1,3 = 1764 \text{ mm}$  - où 101 est la différence entre l'altitude du pluviomètre de Dzoumogné (45 m NGM) et l'altitude moyenne du bassin versant (146 m NGM).

Le calcul de l'Evapotranspiration Potentielle (ETP) - basé aussi sur la relation établie dans le cadre du programme d'études relatives aux modalités d'exploitation et de protection de l'aquifère de Kawéni, cf. Malard et al. 2009a, rapport BRGM/RP-57385-FR – peut s'écrire au-delà de 100 m d'altitude :  $ETP_z = -1,1 \times (z - 100) + 1326$  où 1326 mm représente la valeur théorique annuelle de l'ETP à l'altitude de 100 m NGM.

Ainsi, la valeur annuelle théorique de l'ETP à l'altitude de 146 m NGM est de 1275 mm.

Le calcul de la pluie efficace (Peff) sur le bassin au pas de temps mensuel est donné dans le tableau suivant. La reconstitution des valeurs de précipitation et d'ETP a été établie sur la base des régressions linéaires (Malard et al. 2009, rapport BRGM/RP-57385-FR).

MOIS	Valeurs moyenne de Dzoumogné (45m NGM)	valeurs reconstituées à 146m NGM	ETP mens à 146 m NGM	P-ETP	RFU	P eff
Janvier	231	241	64.39	177	50	177
Février	176	186	68.32	118	50	118
Mars	227	238	74.14	164	50	164
Avril	118	129	79.97	49	49	50
Mai	198	208	85.30	123	50	122
Juin	74	85	78.99	6	6	50
Juillet	29	40	71.82	-32	0	0
Août	46	57	97.41	-40	0	0
Septembre	115	126	80.43	45	45	0
Octobre	43	54	74.94	-21	0	24
Novembre	136	147	88.59	59	50	9
Décembre	240	251	86.89	164	50	164
<b>TOTAL</b>	<b>1633</b>	<b>1764</b>	<b>951</b>	<b>812</b>	<b>400</b>	<b>878</b>

Tableau 4. Calcul de la pluie efficace à l'altitude moyenne du bassin versant du Mro Oua Maré (146 m NGM) – la valeur de référence de Réserve Facilement Utilisable (RFU) est fixée à 50 mm, sur indication du CIRAD de Mayotte. Une valeur de 100 mm avait été retenue dans les travaux de Lapègue en 1999.

Ainsi la valeur annuelle des précipitations efficaces – calculée au pas de temps mensuel et à l'altitude moyenne du bassin versant – est de 878 mm environ. Cette valeur correspond à la lame d'eau disponible pour les écoulements de surface et souterrains et représente plus de 50 % des précipitations annuelles moyennes. Cette proportion est plus élevée que celle calculée par Lapègue en 1999 (entre 40 et 45 % des pluies annuelles moyennes). L'écart peut être en partie expliqué par la variation de RFU.

Le fait que le bassin versant du Mro Oua Maré soit relativement élevé (altitude moyenne forte) est une condition qui favorise les précipitations efficaces (les précipitations sont plus importantes en altitude et l'évapotranspiration y est plus faible). Ceci est notamment visible sur la comparaison avec d'autres bassins versants : exemples du Mro Oua Béja ou du Mro Oua Antanana, où les valeurs de précipitations efficaces à des altitudes moyennes plus faibles sont respectivement de 491 et 467 mm. Cette observation soutient l'hypothèse d'un potentiel de ressource en eau important dans le bassin, que ce soit dans le cas des eaux de surface ou des eaux souterraines.

## **2.4. RESEAU HYDROGRAPHIQUE, HYDROLOGIE ET MORPHOLOGIE DU COURS D'EAU**

### **2.4.1. Présentation du réseau hydrologique**

Du fait de la compacité du bassin versant, le cours d'eau principal n'est en fait que l'association de plusieurs affluents de taille comparable (cf. Illustration 1) : le Mro Oua Mouhogoni, le Mro Oua Tanabé, le Mro Oua Mjihari, le Mro Oua Bandrani, le Mro Oua Massoulana et le Mro Oua Mapouéra. Le cours d'eau désigné Mro Oua Maré ne prend finalement son appellation qu'à partir de la dernière confluence, c'est-à-dire sous 8 m NGM.

Il est donc délicat de désigner un cours principal en amont de cette dernière confluence.

La longueur totale du réseau de drainage – qui correspond à la somme du développement linéaire des cours d'eau pérennes et temporaires – est estimée à 64 km, ce qui en fait un des plus importants bassins versants de l'île, avec environ 50 canaux présents sur le bassin. Le linéaire le plus long est l'affluent dit « Mro Oua Mapouéra » avec près de 10 km de développement à partir de l'exutoire.

Ainsi, le développement du réseau hydrographique du bassin montre une densité de drainage de 2,8 km/km<sup>2</sup> et une densité hydrographique F de 2,2 canaux/km<sup>2</sup> environ. Il est important de noter que la densité de drainage est très supérieure à la moyenne calculée sur l'ensemble de l'île (2,44 km/km<sup>2</sup>), idem pour la densité hydrographique (1,96 canaux/km<sup>2</sup>). Les calculs réalisés par Stieltjes (Stieltjes et al. 1982) établissaient une densité de drainage plus faible, de 2,5 km/km<sup>2</sup>. A Mayotte, ces fortes densités de drainage  $D_d$  et hydrographique F sont significatives d'un bassin versant globalement peu propice aux infiltrations.

A l'exception de l'affluent Mro Oua Mouhogoni qui a fait l'objet d'une étude approfondie en 2001 (rapport BRGM/RC-50355-FR), les cours d'eau du bassin n'ont jamais été investigués.

A la lecture des cartes précédentes (Illustration 1, Illustration 2, Illustration 4) les drains s'organisent à l'échelle du bassin selon deux directions principales (SE/NW, Mro Oua Bandrani, AnTanabé et Massoulana et SW/NE comme les Mro Oua Mapouéra, Mahojani et Mouhogoni). Les directions SE/NW pourraient correspondre aux systèmes de failles N120 et N150 identifiées comme étant la direction de développement des intrusions basaltiques (axe basaltique Nord) et les directions SW/NE aux distributions des failles distensives d'orientation N60 à N80 (signe de l'extension régionale marquée par l'ouverture du canal du Mozambique et l'éloignement de Madagascar, Stieltjes 1988).

## 2.4.2. Morphologie du cours d'eau

Composite des nombreux affluents, le profil du Mro Oua Maré et de ses affluents est présenté en Illustration 5.

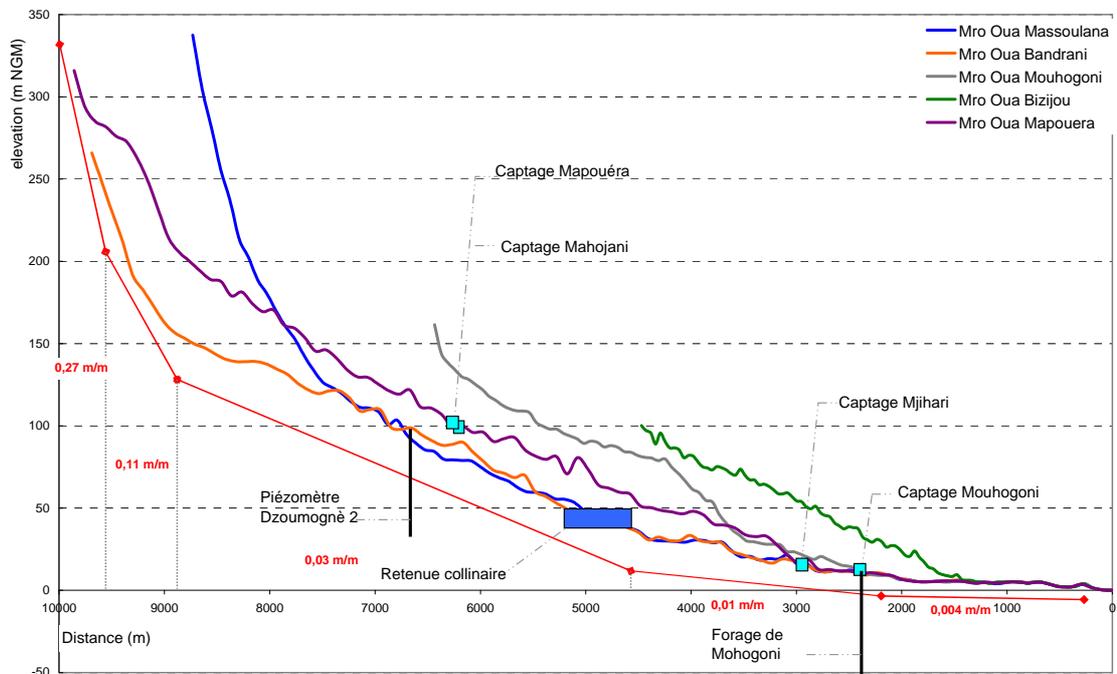


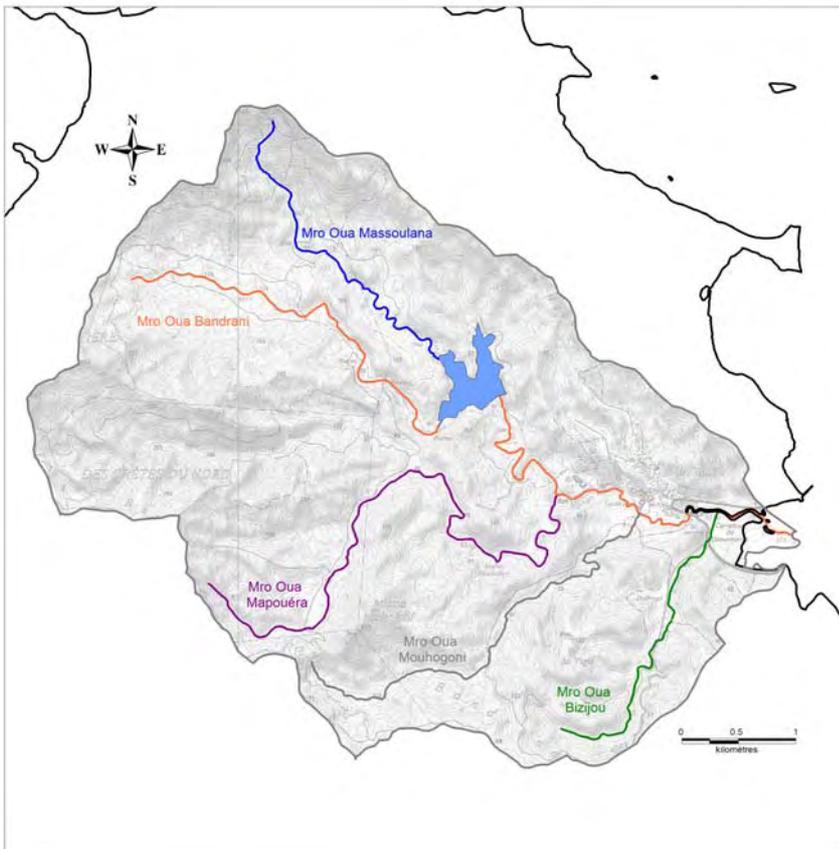
Illustration 5. Profil en long des Mro Oua Bandrani, Massoulana, Mohogoni, Bizijou et Mapouéra et position relative de la retenue collinaire, des captages, du forage de Mohogoni et du piézomètre de Dzoumogné 2 (la localisation des cours d'eau est donnée Illustration 6).

Globalement, il est possible de distinguer 5 sections aux profils de pente singuliers.

- i. Une section amont qui comprend les versants des crêtes du Nord et du Dziani Bolé. Cette section se caractérise par une pente relativement forte, de 0,27 m/m (soit 27 %). Cette section est commune aux affluents du Mro Oua Massoulana, Mro Oua Bandrani et Mro Oua Mapouéra qui se développent à l'ouest du bassin. Cette section se développe sur les trois affluents pour des altitudes supérieures à 200 m NGM ;
- ii. Une section intermédiaire relativement courte en distance, qui se développe entre 120 et 200 m NGM. Cette section, de pente relativement élevée (0,11 m/m soit 11 %) est notamment visible au niveau des affluents des Mro Oua Bandrani et Massoulana ;
- iii. Une seconde section intermédiaire visible sur tous les affluents, de pentes relativement faibles (0,3 m/m, soit 3 %) et qui se développe entre 30 et 120-150 m NGM pour les affluents des Mro Oua Bandrani et Massoulana, entre 30 et 180 m NGM pour le Mro Oua Mapouéra, entre 80 et 120 m NGM pour le Mro Oua Mouhogoni et entre 10 et 100 m NGM pour le Mro Oua Bizijou. Cette section – la

plus longue en termes de distance - correspond aux vallées intermédiaires à hauteur de la retenue collinaire ;

- iv. Une troisième section intermédiaire de pente faible (0,01 m/m soit 1 %). Localement, des pentes plus fortes apparaissent (autour de 10 %), notamment au niveau des Mro Oua Mapouéra et Mouhogoni, c'est-à-dire au niveau des affluents qui se développent au Sud du bassin ;
- v. Une section aval qu'il est possible d'identifier comme le raccordement à la plaine littorale. Cette section, de pente très faible (bien inférieure à 1 %) se développe sur tous les affluents entre 5 m NGM et 10 m NGM environ.



*Illustration 6.  
Localisation des profils  
en long des Mro Oua  
Massoulana, Bandrani,  
Mapouéra, Mouhogoni  
et Bizijou*

Ces variations de profils sont **essentiellement conditionnées par des changements lithologiques**. Les affluents aux profils très comparables sont supposés se développer sur des formations lithologiques très similaires dont seuls l'étagement ou l'extension peuvent varier.

Ainsi, les Mro Oua Mapouéra et Massoulana aux profils identiques suggèrent une relative homogénéité des formations lithologiques dans la partie Nord-ouest du bassin. Les affluents Mro Oua Mapouéra et Mohogoni montrent tous les deux une rupture de pente à hauteur de la dernière section intermédiaire, et suggèrent par la même la présence d'une discontinuité dans les formations lithologiques qui n'est pas observée dans les sous bassins des Mro Oua Mapouéra et Massoulana. Le Mro Oua Bizijou

montre un profil relativement monotone (présence simplement de la section à pente moyenne). Ce constat est confirmé par les reconnaissances de terrain (Jourdain et al. 2002, rapport BRGM/RP-52193-FR) qui indiquent que la quasi-totalité des ravines recoupe des laves saines. La morphologie du cours d'eau est donc bien conditionnée par une lithologie compétente portée à l'affleurement.

A la lecture du rapport BRGM/RC-50355-FR (BRGM 2001), les niveaux bréchiques identifiés dans le lit du Mro Oua Mapouéra sont des formations argilisées et imperméables sur lesquelles « aucune infiltration d'eau et peu de résurgences » ont été observées. Les sources identifiées au niveau du Mro Oua Mapouéra émergent au contact entre les niveaux bréchiques et les basaltes sus-jacents.

Les reconnaissances de terrain du 19 octobre 2009 ont mis en évidence le détournement des Mro Oua Mapouéra et Mahojani qui sont captés et dirigés vers la retenue collinaire pour assurer son alimentation (cf. Illustration 21). En saison sèche, un débit minimum par débordement du batardeau alimente le cours d'eau d'origine alors que l'essentiel des eaux est basculé dans la retenue collinaire (cf. Illustration 7).



Brgm©

*Illustration 7. Déversement des eaux des prises d'eau de Mapouéra et Mahojani vers la retenue collinaire de Dzoumogné. Le seuil A2H est positionné point 30 de l'illustration 15 et le débit estimé supérieur à 20 L/s (photographie BRGM du 19 octobre 2009).*

### **2.4.3. Débits**

Le bassin versant du Mro Oua Maré compte à l'heure actuelle 6 stations de jaugeage dont les caractéristiques sont compilées dans le Tableau 5 et qui sont localisées en Illustration 1.

Désignation	Code DAF	Code BSS	X <sub>RGM04</sub>	Y <sub>RGM04</sub>	Z <sub>NGM</sub>
Mapouéra	A2H	12302X0031/J_A2H	510 838	8 594 052	94
Dzoumonié retenue	A2R	12302X0032/J_A2R	511 602	8 594 348	34
Mohogoni	A2M	12302X0033/J_A2M	512 700	8 593 310	8
Dzoumonié ouest	A2W	12302X0034/J_A2W	512 041	8 593 569	15
Bandrani	/	12302X0035/J_	510 987	8 594 192	62
Massoulaha	/	12302X0036/J_	510 799	8 595 039	67

Tableau 5. Stations de jaugeage du bassin versant du Mro Oua Maré (mise à jour novembre 2009).

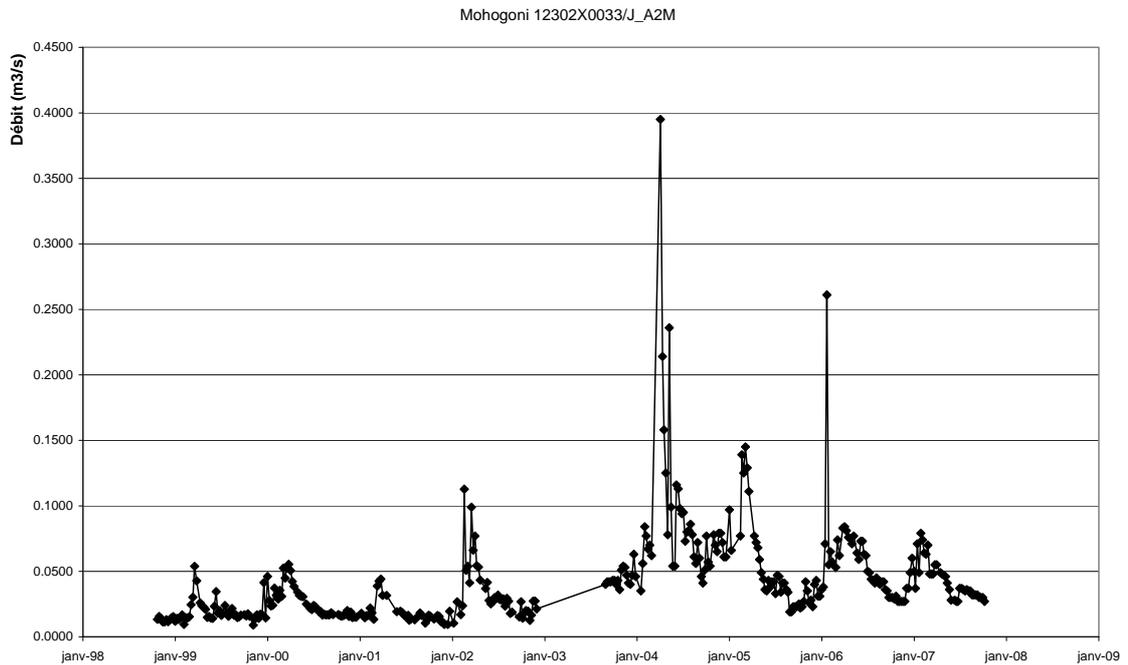
Lors des mesures de débit d'étiage réalisées en 1978 (cf. Stieltjes et al. 1982), les débits les plus forts ont été enregistrés au niveau du bassin du Mro Oua Maré (67 L/s), plus forts même que les débits enregistrés au niveau du bassin du Mro Oua Orovéni (d'extension plus grande).

Ces débits et leur importance en saison sèche – c'est-à-dire en l'absence d'apports pluviométriques – représente la vidange des réservoirs aquifères. Par conséquent les bassins aux débits spécifiques les plus forts en étiage (débits rapportés à la surface du bassin) sont considérés comme à potentiel important en termes de ressources en eaux souterraines.

La DAF assure le suivi de ces stations de jaugeage depuis leur création. En 2009, les chroniques de débit validées (il existe d'autres données mais non exploitables à l'heure actuelle) sont disponibles sur les stations suivantes et tracées en Illustration 8).

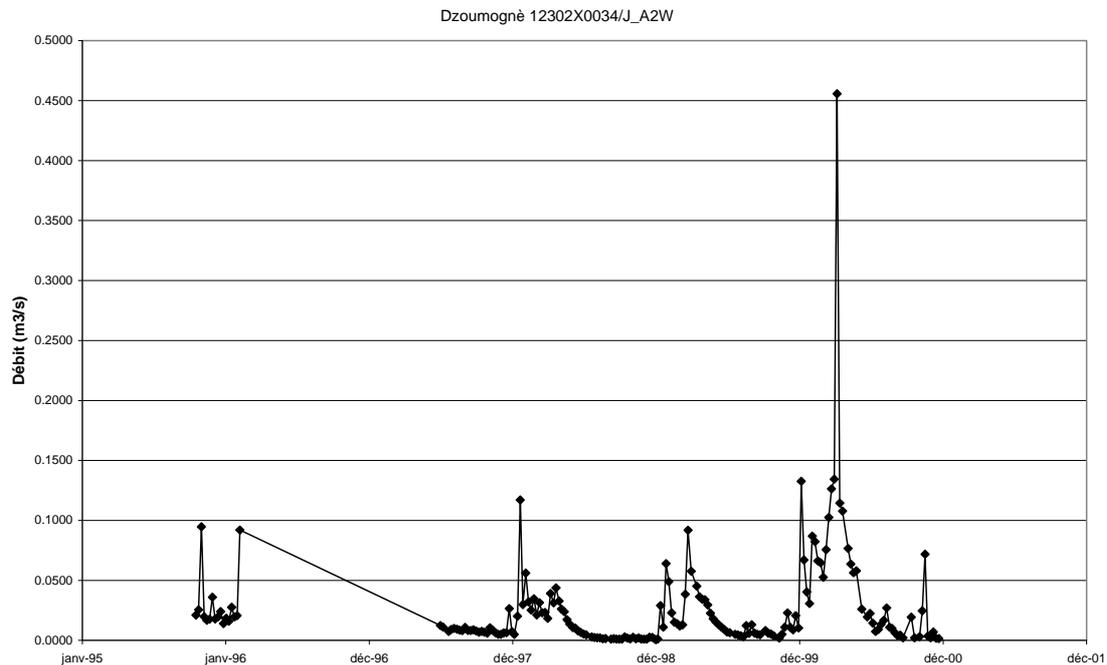
Désignation	Code BSS	Chronique disponible
Dzoumonié retenue	12302X0032/J_A2R	02 janvier 2002 au 20 décembre 2004
Mohogoni	12302X0033/J_A2M	26 octobre 1998 au 08 octobre 2007
Dzoumonié ouest	12302X0034/J_A2W	17 octobre 1995 au 19 décembre 2000

Tableau 6. Disponibilité des chroniques de débit validées (données DAF, mise à jour novembre 2009).



*Illustration 8. Débits du Mro Oua Mouhogoni enregistrés à la station 12302X0033/J\_A2M entre octobre 1998 et octobre 2007 (données DAF de Mayotte)*

La chronique du Mro Oua Mouhogoni montre une activité hydrologique annuelle cyclique, avec une période de hautes eaux identifiées entre les mois de décembre/janvier et les mois de juin/juillet. Les débits d'étiage à hauteur de la station sont évalués entre 15 et 20 L/s. En hautes eaux, les débits sont régulièrement mesurés entre 50 et 100 L/s. Il est important de noter que les épisodes de crue ne sont pas comptabilisés (à l'exception ici de ceux d'avril 2004 et janvier 2006). L'absence de données en 2003 est conséquente au déménagement des locaux de la DAF. En 2004 et 2005, l'activité hydrologique semble plus importante que les années précédentes. D'une part, une influence des travaux de la retenue collinaire de Dzoumogné pourrait être envisagée, et d'autre part, la pluviométrie annuelle enregistrée à la station de Bandrazia Nord en 2004 et 2005 est plus élevée que les autres années (cf. Tableau 3). Cela étant, la qualité des données n'est pas suffisante pour étayer de tels arguments.



*Illustration 9. Débits du Mro Oua Mjihari enregistrés à la station 12302X0033/J\_A2W de Dzoumogné ouest entre octobre 1995 et décembre 2000 (données DAF de Mayotte)*

La chronique des débits du Mro Oua Mjihari est relativement courte, elle ne couvre que 3 années hydrologiques complètes (1998, 1999 et 2000). La chronique des débits validée s'arrête donc avant la mise en place de la retenue collinaire de Dzoumogné et ne permet donc pas l'observation de l'impact potentiel de cette dernière sur l'évolution de l'activité hydrologique du cours d'eau. La retenue collinaire et le captage de Mjihari n'étant pas encore mis en service, ces débits peuvent être considérés comme les débits « naturels » du bassin versant.

Les débits d'étiage – avant donc la création de la retenue – sont mesurés entre 2 et 10 L/s au maximum. En période de hautes eaux, ces débits fluctuent autour de 50 L/s en 1998 et 1999 avec quelques événements dépassant 50 voire 100 L/s. En revanche, en 2000, les débits mesurés en hautes eaux sont constamment supérieurs à 50 L/s. L'activité hydrologique en 2000 semble plus importante que les années précédentes (constat qu'il est difficile de mettre en évidence sur la chronique des débits du Mro Oua Mouhogni, cf. Illustration 8).

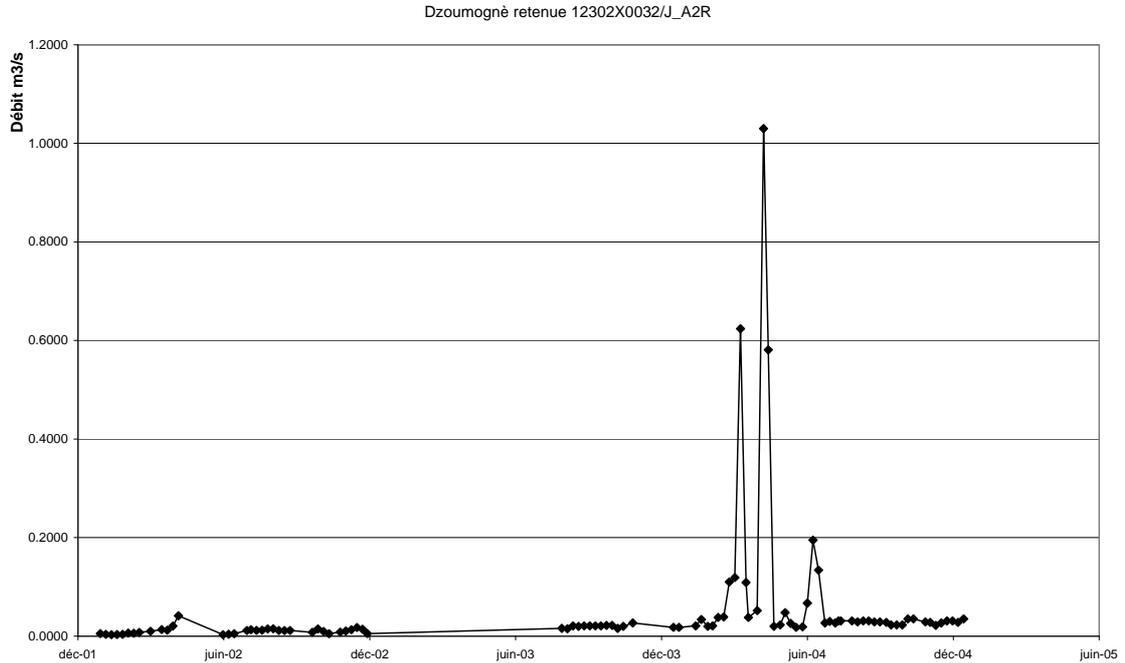


Illustration 10. Débits de débordement de la retenue collinaire de Dzoumogné enregistrés à la station 12302X0032/J\_A2R entre janvier 2002 et décembre 2004 (données DAF de Mayotte)

Les débits de débordement de la retenue collinaire sont donnés à titre indicatif (Illustration 10). La cyclicité hydrologique annuelle est inexistante compte tenu du fait que les débordements de la retenue sont contrôlés. Ainsi, en basses eaux, les débits de débordement se situent entre 15 et 30 L/s au maximum. En hautes eaux – de décembre/janvier à juin/juillet – des débits de pointe ont été mesurés à 600 L/s et 1 m<sup>3</sup>/s (13 avril 2004).

En ce qui concerne les mesures de débits réalisées sur les cours d'eau du bassin versant du Mro Oua Maré, elles apportent quelques informations, notamment à propos des cyclicités annuelles, des débits d'étiage, etc. Cependant, l'absence de chroniques longues et enregistrées de façon plus fine rend difficile l'interprétation des courbes, particulièrement l'évolution des fluctuations en lien avec la construction des ouvrages d'eau (retenue, captage, etc.) et l'occurrence d'événements hydrologiques forts (crues, etc.).

## 2.5. GEOLOGIE DU BASSIN VERSANT

A l'exception des investigations relatives à la réalisation de la carte géologique, (Stieltjes et al. 1988 cf. Illustration 11), peu d'études géologiques ont été réalisées dans le bassin versant. A mentionner toutefois : les études géologiques relatives à la mise en valeur des eaux souterraines (Jourdain et al. 2002 BRGM/RP-52193-FR) et les études relatives à la réalisation des piézomètres du bassin (Mauroux 1992, rapport BRGM 35165 REU 4S 92 et Malard. 2009b, rapport BRGM/RP-56779-FR).

D'après les informations de la carte géologique (Illustration 11), deux formations volcaniques principales composent le bassin versant :

Les **formations volcaniques Mio-Pliocène**, majoritaires, qui composent près de 80 % de la surface du bassin, à l'ouest du Mro Oua Mouhogoni. Il s'agit essentiellement de basanites et basaltes ankaramitiques de l'édifice ancien septentrional (laves à phénocristaux de pyroxène et olivine). Les basaltes ankaramitiques viennent en recouvrement des unités de basanites et arment la plupart des reliefs. Par endroit, ces unités de recouvrement en crêtes sont altérées et forment les padzas<sup>10</sup>.

Les crêtes Ouest du bassin versant - notamment le mont Hachiroungou - sont des formations phonolitiques Pliocène. Ces formations sont associées à des pentes fortes illustrées sur les profils des affluents (notamment les Mro Oua Bandrani, Massoulana et Mapouéra). Des formations phonolitiques ont été rencontrées sur le terrain à l'affleurement dans les cours d'eau des Mro Oua Mouhogoni et Mapouéra sous 100 m NGM.

Les **formations plus jeunes, Pléistocène**, de laves différenciées appartenant à l'édifice de Digo composent la partie Est du bassin versant, drainée en flanc ouest par le Mro Oua Mouhogoni et en son centre par le Mro Oua Bizijou.

Il est intéressant de noter que ce schisme géologique a été mis en évidence plus haut lors de l'étude du profil des différents affluents constituant le Mro Oua Maré (cf. Illustration 5).

Localement, des formations de projections volcaniques (cendres, pyroclastes) viennent en couverture des unités basaltiques sous-jacentes. Ces projections sont - pour la plupart - associées aux manifestations volcaniques récentes (Pléistocène) mais manifestement plus anciennes que les phases d'activité récente du volcanisme de Mamoudzou, Kawéni et Cavani et dont les émissions seraient situées plus à l'Ouest.

Les fonds de vallées au dessus de 20 m NGM sont associés à des formations de remplissage alluvial, de type alluvions/colluvions. Sous 20 m NGM (à hauteur du

---

<sup>10</sup> Equivalent de bad-lands, terrains où la faible végétation et le ruissellement important ont contribué à la formation de profondes ravines et à une érosion accélérée des sols. A Mayotte les padzas regroupent communément les terres rouges ou brunes dévégétalisées.

village de Dzoumogné par exemple), les formations de remplissage deviennent progressivement littorales.

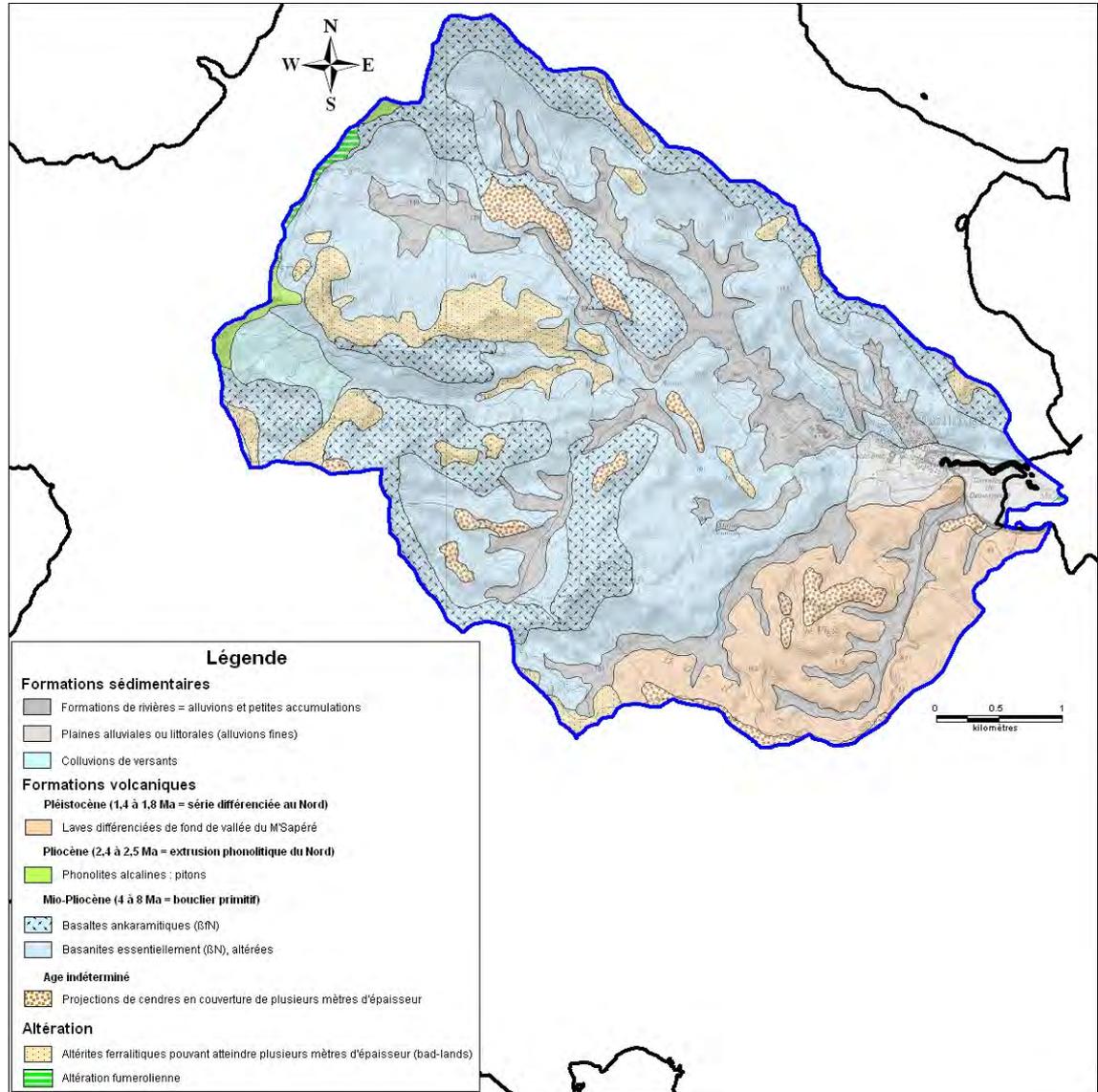


Illustration 11. Géologie du bassin versant du Mro Oua Maré (Stieltjes – 1988)

Les travaux réalisés dans le cadre de la mise en valeur des eaux souterraines de l'île ont permis de préciser quelques points géologiques.

Le piézomètre de Dzoumogné - 12312X0017/DZOU1, cf. Illustration 1 et § 2.8 - réalisé en 1990 (Mauroux 1992, rapport BRGM 35165 REU 4S 92) à hauteur du village du même nom et aujourd'hui vandalisé, fait état de formations basaltiques (uniformes, degré d'altération ?) reconnues entre 11 et 46,5 m de profondeur. Ces formations sont

recouvertes de 5 m de sable et de 6 m de limons. L'épaisseur des formations de remplissage peut être estimée dans le secteur à 6 m environ.

Les travaux de Ballestracci et al. 1984 ont montré que le bassin était soumis à des mécanismes de fracturation en système de horst et de graben (réseaux de failles orientées N100° à N120° et versant de 40° vers le nord) qui compartimentent les unités basaltiques en marches d'escalier progressivement descendante vers le Nord, du fait de la migration des édifices volcaniques (Stieltjes, 1988). A ce système de failles, il est important de rajouter les failles orientées N40 et N60 témoins de la distension régionale due à l'ouverture du canal du Mozambique et l'éloignement de Madagascar.

Les travaux réalisés en 2002 (Jourdain et al. rapport BRGM/RP-51498-FR) n'apportent pas de précisions géologiques spécifiques au bassin versant du Mro Oua Maré si ce n'est :

- l'indication quant à la présence de linéaments d'ordre kilométrique qui traversent le bassin. Deux familles se distinguent, N100/120° et N150, à relier avec l'orientation des drains majeurs du bassin°;
- la confirmation de la mise en place tardive des unités de basaltes ankaramitiques en recouvrement des basanites. Cette confirmation est établie sur la base de paléosurfaces d'érosion visibles à l'affleurement entre les deux unités. Les forages et piézomètres réalisés dans le bassin ne recoupant pas les basaltes ankaramitiques, ils ne mettent pas en évidence cette paléosurface.

Les travaux relatifs à l'interprétation des cuttings du piézomètre de Dzoumogné 2 (12302X0024/PZ1, Malard. 2009b, rapport BRGM/RP-56779-FR) profond de 55 m montrent que dans ce secteur, les formations de basanites peuvent être distinguées en deux épisodes de coulées différents avant d'atteindre le substratum (coulées situées entre -26 et -33 m et entre -43 et -48 m de profondeur). Ces observations rejoignent celles réalisées lors des travaux de 2002, qui indiquent que ce type d'unité basaltique est composé d'une succession de bancs de laves de plus ou moins faible épaisseur (quelques mètres seulement) entre lesquels s'intercalent fréquemment des niveaux de scories.

Lors de la reconnaissance de terrain, des échantillons de basaltes prélevés aux points 5, 10, 15, 28 et 29 (Illustration 15) ont permis de distinguer :

Les formations phonolithiques, présentes aux points 5 et 15. Ces formations sont beaucoup plus altérées au point 5, c'est-à-dire en bordure ouest de piste qui longe le Mro Oua Mouhogoni que le long du Mro Oua Mjihari. Au niveau de ces deux cours d'eau, ces formations marquent la rupture de pente la plus forte visible en Illustration 5 ;

Les formations basaltiques identifiées au point 10 viennent vraisemblablement en recouvrement ou du moins en contact latéral avec les phonolithes précédentes, notamment à l'endroit où elles sont les plus altérées. Il s'agit de basaltes altérés, au modelé d'altération en boules, relativement caractéristiques du fait de la présence de minéraux d'amphiboles et d'hornblendes basaltiques (ces dernières sont brunes,

d'aspect très résineux et à cassure conchoïdale) et en raison de leur altération probablement hydrothermale (concrétionnement noduleux et filonien dans les cavités).

Les basaltes identifiés aux points 28 et 29 – relativement proches - arment le relief du Mlima Mapouéra. Ils montrent un degré d'altération avancé (altération en boules). Les basaltes relevés au point 28 montrent manifestement une reminéralisation par concrétionnement des vacuoles, signes d'une altération hydrothermale. A l'inverse, les basaltes du point 29 (vraisemblablement plus jeunes) sont plus sains et - bien que vacuolés eux aussi – ils ne montrent pas de minéraux de concrétionnement secondaire.

A l'affleurement, les niveaux de scories n'ont pas été retrouvés, il est possible que le degré d'altération élevé de ces scories rende facile l'amalgame avec d'autres formations lithologiques.



Brgm©

*Illustration 12. Les formations basaltiques altérées du bassin du Mro Oua Maré sont responsables du radoucissement de la pente du cours d'eau entre 40 et 100 m NGM dans le cas du Mro Oua Mjihari (ici) et entre 80 et 120 m NGM dans le cas du Mro Oua Mouhogoni (cliché BRGM, observations de terrain du 19 octobre 2009)*

*Illustration 13. Les mêmes basaltes identifiés dans le cours du Mro Oua Mouhogoni. Ces formations jouent ici le rôle de surface de suintement. Les écoulements circulant sur cette surface contribuent significativement à l'alimentation du cours d'eau (photographie BRGM du 23 octobre 2009)*



Brgm©

Les échantillons prélevés sur le terrain sont compilés dans le tableau suivant après analyse des principaux minéraux à la loupe binoculaire.

Echantillon	Point GPS	Description minéralogique
1	5	Phonolite altérée. Texture microgrenue. Fantômes de minéraux ferromagnésiens. Feldspaths en majorité.
2	10	Basalte altéré. Texture microgrenue. Nombreux Feldspaths et présence probable de verres. Amphiboles noirs en baguettes et cristaux identifiées comme des Hornblendes basaltiques ou des augites (basanites ou basaltes ankaramitiques du Nord).
3	15	Phonolite à texture microgrenue. Très similaire en composition à l'échantillon 1 mais en moins altéré.
4	28	Basalte vacuolé très altéré. Nombreux minéraux de recristallisation, concrétionnement hydrothermal. Structure et composition originelle délicate à identifier. Traces de petits pyroxènes.
5	29	Basalte vacuolé à altération modérée. Beaucoup de minéraux blancs (feldspaths) et petites amphiboles (possible Hornblende ou augite). Ce basalte n'est pas comparable à l'échantillon 2, il s'agit de deux coulées de nature différente.

*Tableau 7. Description minéralogique des échantillons recueillis lors de la reconnaissance de terrain. Les points GPS sont à rattacher à l'illustration 15.*

En synthèse, les basaltes identifiés sur le bassin versant sont pour la plupart relativement altérés (altération en boules, traces d'hydrothermalisme). Ils viennent coiffer les structures phonolithiques dont le degré d'altération est moindre et sont recouverts à leur tour par une couverture plus ou moins épaisse d'altérites ferralitiques qui masque en partie les affleurements. Par ailleurs, des niveaux de scories viennent fréquemment s'intercaler dans ces formations.

## 2.6. MORPHOPEDOLOGIE

Compte tenu de la taille du bassin versant, les formations superficielles pédologiques du bassin décrites dans la carte morphopédologique du CIRAD (Latrille - 1981) sont très diversifiées (Illustration 14).

Néanmoins, une formation considérée comme majoritaire occupe plus de la moitié en surface du bassin versant : il s'agit des **altérites ferrallitiques remaniées** qui sont rattachées aux systèmes en croupes de Longoni-Dzoumogné. Il s'agit de sols développés par remaniement des sols anciens et classés génériquement sous le faciès des sols ferrallitiques remaniés. La perméabilité de ces sols est normalement faible à moyenne selon l'épaisseur et les mécanismes de remaniement (tassement, etc.).

En amont de la retenue collinaire – et principalement le long des versants ceinturant le bassin du Mro Oua Maré et de ses affluents - se développent des sols identifiés comme des altérites ferrallitiques de pentes fortes. Il s'agit de sols peu à pas développés - remaniés et souvent décapés - des reliefs anciens. Au niveau des crêtes apparaissent des faciès de type badlands, stade ultime de l'altération sur place en contexte tropical. Ces sols -où plutôt l'absence de sol – se traduisent par des horizons supérieurs décapés à perméabilité verticale significative (Lapègue - 2001), relativement épais et en couverture sur la roche mère imperméable. Il est intéressant de noter que ces faciès sont relativement bien développés dans le bassin versant, surtout au sommet des reliefs qui ceinturent le bassin. La présence de ces sols favorise à la fois les infiltrations, mais aussi le ruissellement et accentue l'érosion (Peng Li et al, 2004). Il est souvent délicat d'évaluer la prédominance de l'un ou l'autre des phénomènes.

Les reliefs intermédiaires, exemple la ligne de Bandranzia au sud du bassin, ou la crête séparant les deux affluents en amont de la retenue collinaire montrent des morphologies de type planèzes<sup>11</sup>. Les sols montrent des traces d'altération sur place et développent des faciès épais et peu remaniés en surface. Les reliefs sont souvent armés par des couvertures tardives de cendres et projections scoriacées, plus ou moins indurées et altérées.

Les fonds de vallées, entre le village de Dzoumogné, la retenue collinaire et les principaux affluents du Mro Oua Maré (le Mro Oua Mouhogni, le Mro Oua Mjihari et le Mro Oua Bizijou) sont tapissés de formations colluvionnaires et/ou alluvionnaires récentes. Il s'agit des produits de l'érosion du bassin, soit essentiellement des formations sablo-argileuses à graviers altéritiques. Ces formations sont particulièrement hétéroclites tant d'un point de vue compositionnel que structurel et leur perméabilité est très variable d'une vallée à l'autre.

---

<sup>11</sup> Relief constitué par une coulée volcanique peu inclinée et disséquée par des ravins.

La partie aval du bassin versant, à savoir le village de Dzoumogné et ses environs, jusqu'à l'altitude de 10 m NGM environ montre un faciès de type plaine littoral, dépôts alluvionnaires majoritairement sablo argileux à alluvions vasardes (faciès de transition avec la mangrove).

Conclusion : les formations pédologiques majoritaires du bassin du Mro Maré sont des altérites ferrallitiques remaniées et relativement évoluées et pouvant se développer en profondeur. La susceptibilité à l'infiltration peut être considérée comme faible à moyenne sur l'ensemble du bassin versant. Les résultats du calcul IDPR (cf. § 4) viendront confirmer, infirmer ou nuancer ces prévisions.

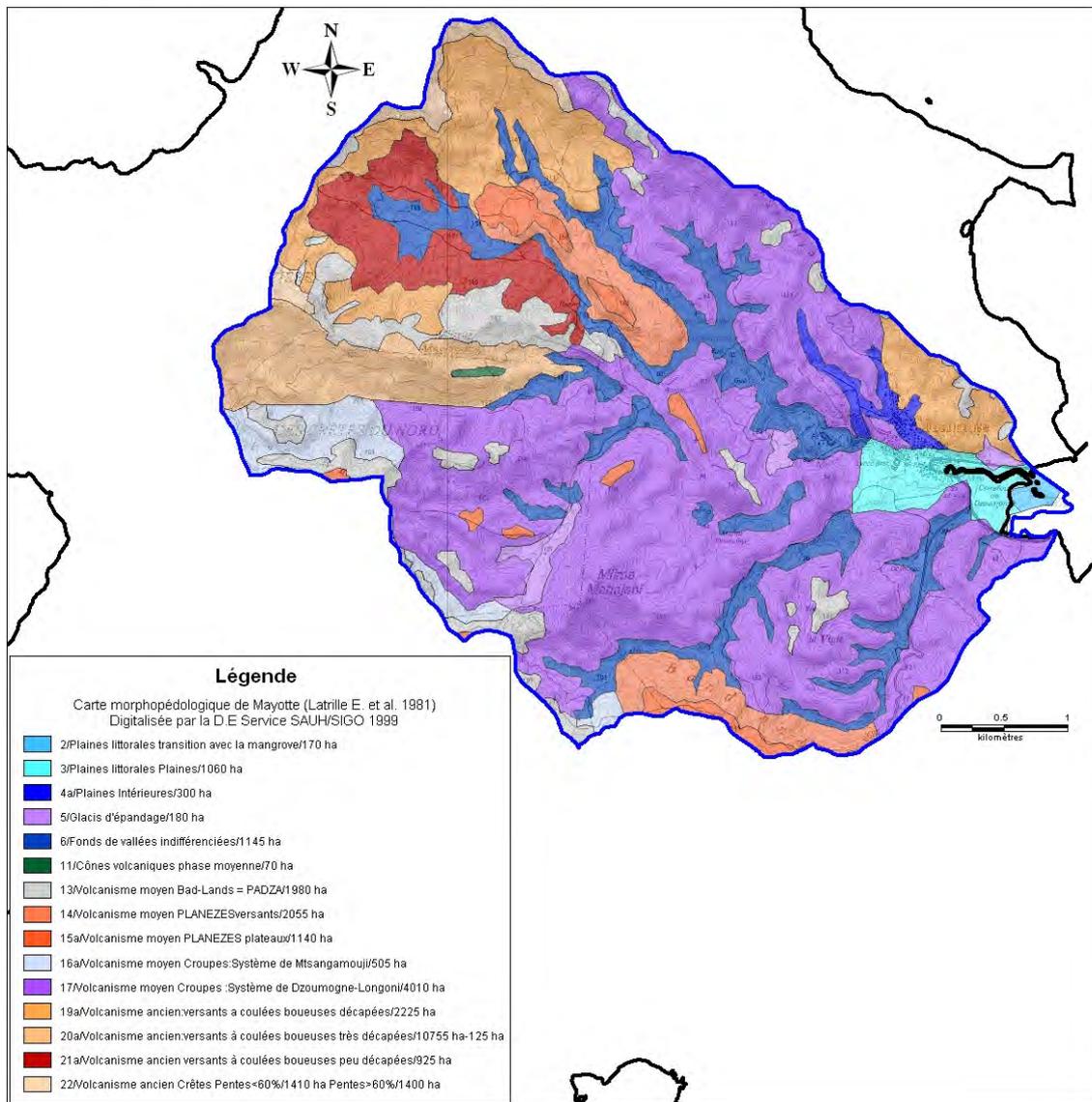


Illustration 14. Formations pédologiques superficielles du bassin versant du Mro Oua Maré 1/50 000 (Latrille et al – 1981)



## 2.7. RECONNAISSANCE DE TERRAIN DU 19 OCTOBRE 2009

La reconnaissance de terrain du 19 octobre, mais aussi les opérations de jaugeage du 23 octobre 2009 ont permis de compiler un certain nombre d'informations géologiques, hydrologiques et hydrogéologiques complémentaires. Les informations sont retranscrites ici brutes.

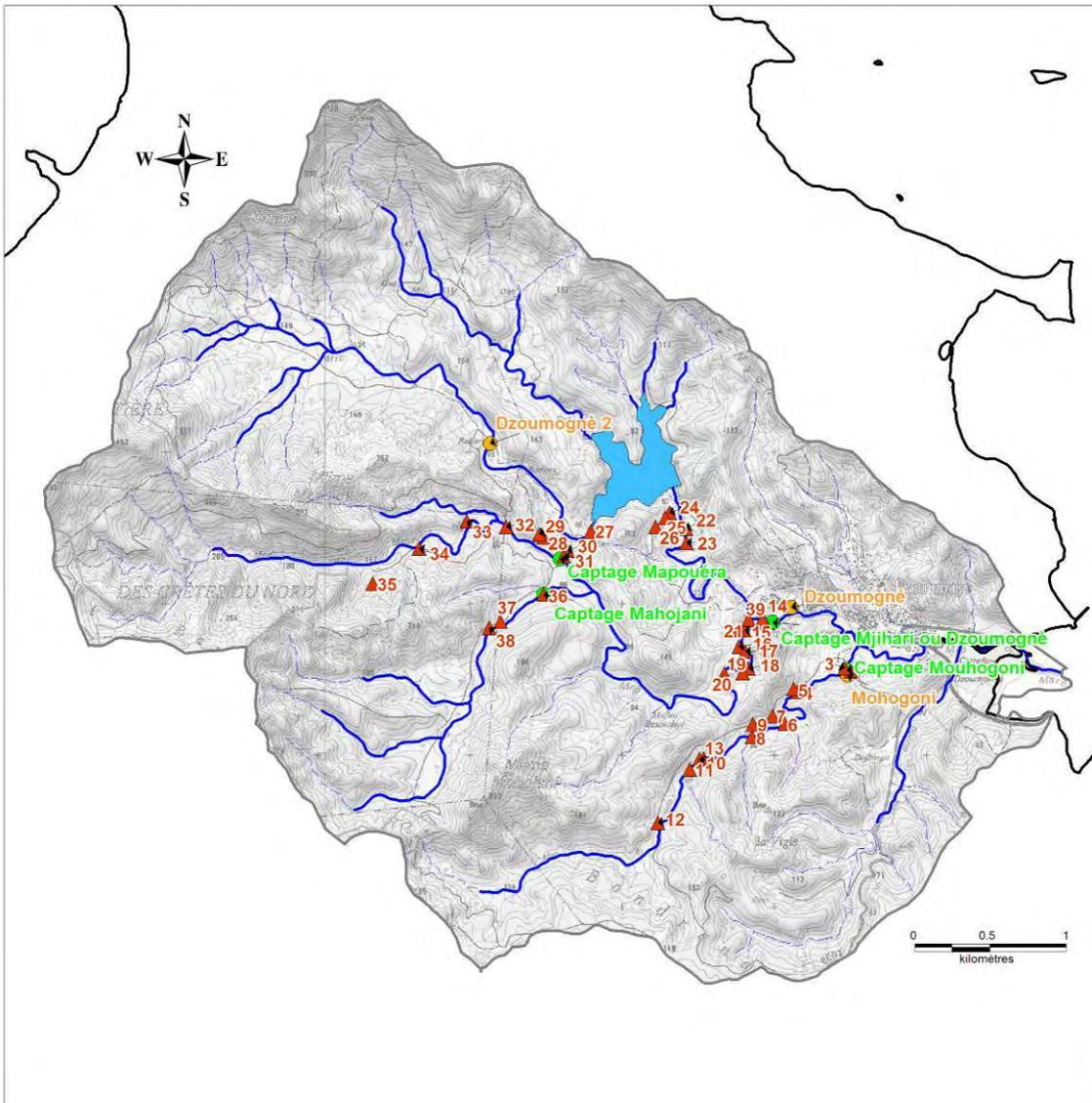


Illustration 15. Localisation des points d'observations de la sortie de reconnaissance du 19 octobre 2009. Les points 2 et 3 sont confondus

N°	X <sub>RGM04</sub>	Y <sub>RGM04</sub>	Observations
2	512 727	8 593 282	Forage de Mohogoni
3	512 687	8 593 301	Captage de Mohogoni. Débit de débordement estimé entre 20 et 30 L/s. Conductivité 309 µS/cm
4	512 379	8 593 144	Point en rivière. Débit estimé à 20 L/s Conductivité 288 µS/cm.
5	512 350	8 593 165	Affleurement en bordure Ouest de la piste
6	512 292	8 592 934	Point en rivière. Conductivité 303 µS/cm.
7	512 215	8 592 989	Fin de l'affleurement en bordure Ouest de la piste
8	512 077	8 592 849	Affleurement en rivière et surface de suintement. Débit inférieur à 20 L/s. probablement des alimentations continues le long de la surface de suintement
9	512 084	8 592 933	Altérites en bordure ouest de la piste
10	511 733	8 592 702	Gué. Débit estimé à 5 L/s. Conductivité 209 µS/cm. Basalte affleure en rivière
11	511 669	8 592 635	Affluent. Débit inférieur à 5 L/s. Conductivité 160 µS/cm.
12	511 461	8 592 280	Rivière au niveau de la pépinière. Débit très faible (1 à 2 L/s). Conductivité 162 µS/cm. Altérites à l'affleurement + blocs de basaltes chaussés
13	511 761	8 592 705	Seuil et prise d'eau. Débit estimé à 5 L/s
14	512 150	8 593 628	Captage de Mjihari. Débit de débordement entre 2 et 5 L/s. Cours encaissé dans les colluvions. Conductivité 189 µS/cm.
15	512 030	8 593 554	Station de jaugeage A2W. Débit nul. Conductivité 288 µS/cm. Formations de phonolites à l'affleurement, le lit est bien développé dans les basaltes (cascatelles)
16	511 992	8 593 443	Limite supérieure des phonolites. Conductivité 290 µS/cm. Lit de colluvions en amont.
17	512 036	8 593 412	Affleurement de basalte altéré en rive droite. Coulée très différente lithologiquement des phonolites sous-jacentes.
18	512 053	8 593 302	Petit muret en rive gauche (ancienne prise d'eau). Lit du cours d'eau à sec.
19	512 018	8 593 272	Contact entre les basaltes altérés et les phonolites sous jacentes.
20	511 898	8 593 266	Fin des basaltes, cours d'eau à large section et colluvions. Formations de brèches en rive gauche (à rapporter aux observations du rapport BRGM/RC-50355-FR (BRGM, 2001)
21	511 990	8 593 555	Tout le versant rive gauche est cultivé. A noter, formations de colluvions importantes 10 m au dessus du lit de la rivière (incision ?)
22	511 645	8 594 222	Radier de la piste de la retenue. Débit estimé entre 20 et 30 L/s. Lit mineur de 5 m de large. Conductivité 164 µS/cm. Affleurement de substratum basaltique en aval du radier (visiblement les mêmes basaltes altérés que ceux observés en amont du seuil de jaugeage A2W
23	511 646	8 594 131	Point de jaugeage chimique possible
24	511 537	8 594 327	Décharge sauvage (végétaux, produits ménagers, gravats, ferraille et pièces automobiles)
25	511 510	8 594 295	Décharge sauvage (déchets végétaux et ménagers)
26	511 445	8 594 237	Décharge (produits plastiques)
27	511 019	8 594 207	Confluence entre Bandrani et retenue collinaire. Débit estimé à 20 L/s. Conductivité 263 µS/cm. Basaltes sains en rive droite
28	510 710	8 594 166	Basaltes affleurent en bord Sud de la piste. La coulée repose sur une coulée plus altérée
29	510 683	8 594 186	Autre coulée de basalte qui repose sur coulée altérée.
30	510 864	8 594 082	Seuil de jaugeage A2H. Débits importants. Il s'agit du détournement des eaux du Mro Oua Mapouéra en aval du captage. Conductivité 285 µS/cm.

<b>31</b>	510 841	8 594 042	Captage de Mapouéra. Fonctionne. Conductivité 288 $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Largeur du lit environ 6 m
<b>32</b>	510 465	8 594 237	Rivière de mapouéra haut. Conductivité 287 $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Lit de la rivière sur substratum basaltique
<b>33</b>	510 206	8 594 273	Cascatelle. Débit supérieur à 10 L/s. Conductivité 288 $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Largeur lit moyen 3 m
<b>34</b>	509 893	8 594 095	Rivière en haut du radier de Mapouéra. Conductivité 305 $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Fin des formations basaltiques. Lit de colluvions.
<b>35</b>	509 588	8 593 861	Point haut de la reconnaissance.
<b>36</b>	510 711	8 593 791	Captage de Mohogoni. Arrêté depuis septembre. Largeur du lit 4 m. Conductivité 237 $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
<b>37</b>	510 428	8 593 608	Point en rivière. Débit faible. Conductivité 240 $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Affleurement de basaltes altérés dans la rivière (similaire au point 32)
<b>38</b>	510 354	8 593 569	Débit très faible (inférieur ou égal à 1 L/s)
<b>39</b>	512 055	8 593 624	Confluence en amont direct du captage de Mjihari. La totalité des débits qui alimentent le captage provient du cours d'eau de la retenue collinaire

*Tableau 8. Observations géographiques, géologiques, hydrologiques et géomorphologiques réalisées lors de la reconnaissance de terrain du 19 octobre 2009.*

## 2.8. IMPLICATIONS HYDROGEOLOGIQUES

La nature, le potentiel et le fonctionnement hydrogéologique du bassin n'ont jamais été étudiés.

2 piézomètres (cf. Illustration 1) peuvent être rattachés au bassin versant du Mro Oua Maré : le piézomètre de Dzoumogné 12302X0017/DZOU1 réalisé en 1990 et aujourd'hui détruit et celui de Dzoumogné 2 12302X0026/PZ1 réalisé en 2009.

Les caractéristiques de ces piézomètres sont compilées dans le tableau suivant et les coupes présentées en Annexe 1.

Désignation	Dzoumogné	Dzoumogné 2
Code BSS	12302X0017/DZOU1	12302X0026/PZ1
X <sub>RGM04</sub>	512 336	510 288
Y <sub>RGM04</sub>	8 593 697	8 594 842
Z (en m NGM)*	13,64	103
Réalisation	1990	2009
Profondeur (m)	46,5	55
Chronique piézométrique	1992 à 2004	Octobre 2009
Rapport de référence	BRGM 35165 REU 4S 92	BRGM/RP-56779-FR
Remarques	Détruit en 2004	Instrumenté en octobre 2009

*Tableau 9. Les piézomètres 12302X0017/DZOU1 et 12302X0026/PZ1 du bassin versant du Mro Oua Maré.*

\* Le piézomètre de Dzoumogné a été nivelé lors de sa réalisation. Le piézomètre de Dzoumogné sera nivelé en 2010. L'altitude retenue de 103 m NGM est celle proposée par le MNT IGN de 2009.

En ce qui concerne les conclusions hydrogéologiques :

- le piézomètre de Dzoumogné 1 montre une très mauvaise perméabilité, notamment au niveau des basaltes sains fracturés, présents sous 12 m de profondeur (en dessous de la côte 1,5 m NGM) ;
- le piézomètre de Dzoumogné 2 montre à l'inverse une très forte perméabilité et les tests à l'air lift affichent des débits de l'ordre de 10 L/s. Le potentiel en eau

souterraine est visiblement plus important à hauteur de ces formations aquifères perchées (niveau statique mesuré à +96,65 m NGM le 21/10/2009).

Seul le piézomètre de Dzoumogné possède une chronique piézométrique (cf. Illustration 16). Les données recueillies au niveau du piézomètre de Dzoumogné 2 n'offrent pas assez de recul (les données ne sont enregistrées en continu que depuis le 21 octobre 2009).

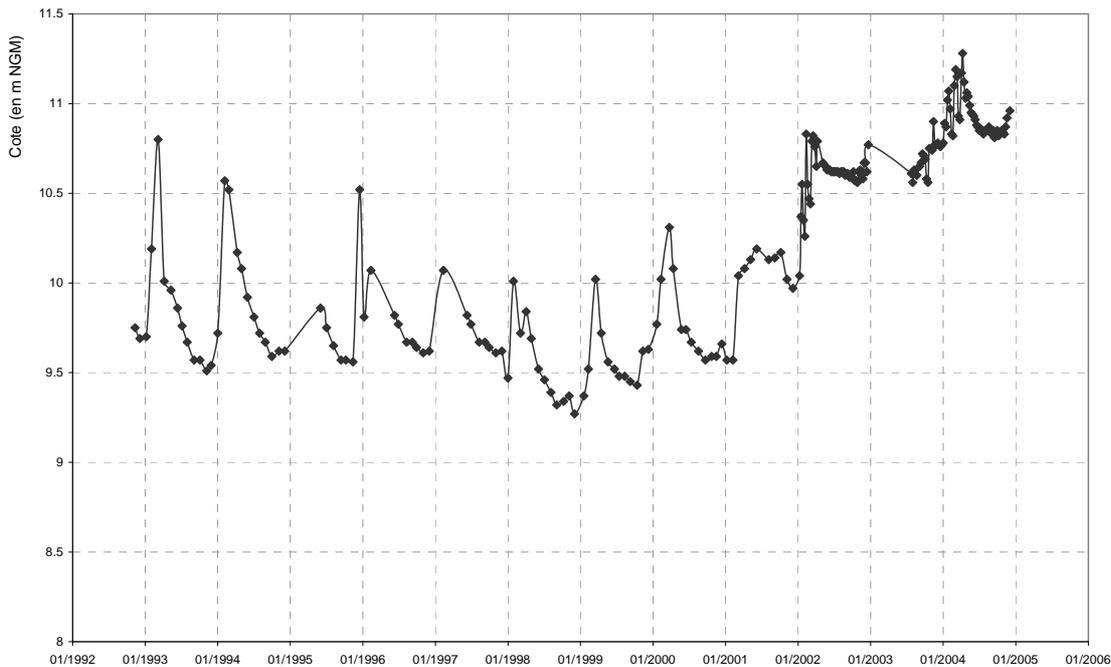


Illustration 16. Chroniques du piézomètre de Dzoumogné 12302X0017/DZOU1 entre le 13/11/1992 et le 13/12/2004.

Bien que les données puissent être empreintes d'une certaine marge d'incertitude – délicate à évaluer – la chronique peut donner lieu à de nombreuses interprétations. Elle montre une relative régularité entre 1992 et 2000. Les niveaux piézométriques (en m NGM) oscillent entre 9,5 et 11 m NGM jusqu'en 1996 puis les oscillations s'atténuent entre 1996 et 1999 (entre 9,5 et 10 m NGM) et les niveaux ont tendance à baisser. Ainsi, décembre 1999 affiche la cote piézométrique la plus basse jamais enregistrée. En revanche, depuis les années 2000/2001, les niveaux piézométriques remontent significativement d'année en année. A compter de 2002, les niveaux enregistrés sont plus élevés que toutes les années précédentes.

Néanmoins, bien que cette hausse soit significative, la chronique semble avoir perdu sa cyclicité. La fluctuation des niveaux est assez hiérarchique entre 2002 et 2006 et laisse supposer que la nappe ne répond plus uniquement à des variations naturelles mais aussi à des alimentations artificielles.

2001 correspond à l'année de création de la retenue collinaire de Dzoumogné. Cet ouvrage perché à 58 m NGM a un impact significatif dans le bilan hydrologique du

bassin. En effet la retenue - outre ses capacités de stockage – a un impact conséquent sur le milieu souterrain, en maintenant à la fois (i) une pression hydraulique favorisant l'infiltration directe et (ii) en alimentant en permanence le cours d'eau du Mro Oua Tanabé dont les infiltrations, qui auparavant étaient saisonnières sont devenues continues du fait que l'écoulement soit rendu pérenne, alimentent la ou les nappe(s), notamment celle de Dzoumogné. Débit d'étiage entre 2 et 10 L/s (cf. Illustration 9) soit 6 L/s en moyenne avant la mise en place de la retenue contre 13 L/s le jour du jaugeage (Annexe 4) c'est-à-dire en fin de saison sèche. Sur des valeurs aussi faibles, l'écart est significatif et l'impact de la retenue conséquent sur les comportements hydrologiques du bassin.

Les modalités hydrogéologiques du bassin (mode de circulation, mode de recharge, périodicité, etc.) ont donc été modifiées depuis 2001 à hauteur de la retenue et en aval. Cette donnée est à prendre en compte dans les futures études hydrogéologiques.

L'influence de la mise en charge de la retenue (altitude de 58 m NGM) sur les aquifères en amont (notamment au droit du piézomètre de Dzoumogné 2) reste à déterminer.



### 3. Délimitation des bassins d'alimentation de captage

#### 3.1. LES CAPTAGES DE MOUHOGONI, MIHARI, MAHOJANI ET MAPOUERA

##### 3.1.1. Captage de Mouhogoni - BSS 12302X0027/CAP\_MO

###### 1) *Présentation*

Le captage de Mouhogoni est situé sur le cours d'eau du même nom, une cinquantaine de mètres en aval du forage de Mohogoni (Illustration 2). L'histoire voudrait que le forage de Mohogoni ait été décidé lors de l'implantation de ce qui devait être la station de traitement du captage. Les sondages effectués dans le cadre du projet ont mis en évidence l'artésianisme local qui a conduit à la réalisation du forage de Mohogoni.

Construit et mis en service en 2000, le captage se compose d'un seuil, muni d'une grille et est disposé en travers du cours d'eau (cf. Illustration 17).

Le cours d'eau du Mro Oua Mouhogoni étant pérenne, le captage fonctionne en permanence et le site – qui ne fait l'objet d'aucune protection - est fréquemment occupé par les lavandières (de même que le radier qui permet le franchissement du cours d'eau 50 m en aval).



Brgm©

*Illustration 17. Captage de Mouhogoni (photographie BRGM du 19 octobre 2009). Le captage est utilisé comme site de lessive par les lavandières. Les sachets de Klin et les déchets domestiques en arrière plan témoignent d'une occupation assez importante du site.*

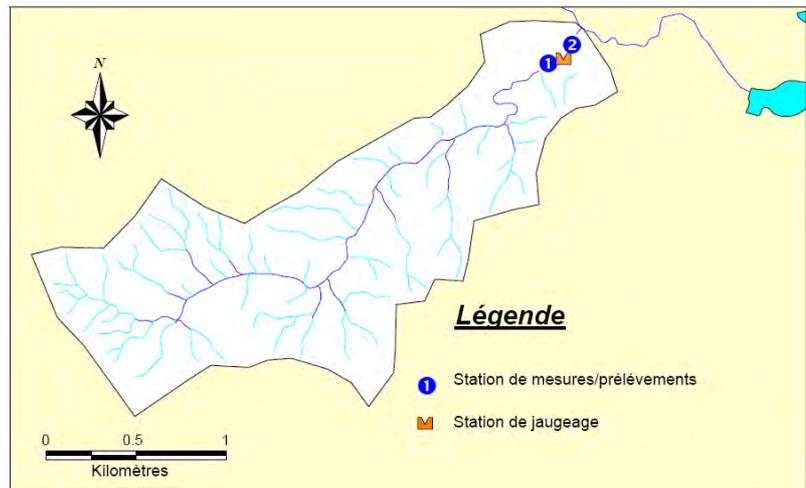
<b>Nom</b>	Captage de Mouhogoni
<b>Code Commune</b>	98502
<b>Commune</b>	BANDRABOUA
<b>Section</b>	AX
<b>Titre</b>	1690
<b>Parcelle</b>	5
<b>Coord X<sub>RGM04</sub></b>	512 687 m
<b>Coord Y<sub>RGM04</sub></b>	8 593 301 m
<b>Coord Z<sub>NGM</sub></b>	8 m (MNT IGN© 2009)
<b>Code BSS</b>	12302X0027/CAP_MO
<b>Chronique prélèvement</b>	Somme captages Dzoumogné + Méresse + Longoni + Mouhogoni à l'usine de Méresse
<b>Date de création</b>	2000
<b>Remarque</b>	Mis en service en 2000

Tableau 10. Informations relatives au captage en rivière de Mouhogoni

## 2) Qualité des eaux

Les eaux du Mro Oua Mouhogoni ont été analysées à deux reprises en 2001 (rapport BRGM/RC-50355-FR, BRGM 2001) dans le but de mettre en évidence l'impact des pollutions causées par les lavandières. Les prélèvements étaient ciblés en amont et en aval du radier (encadrant la station de jaugeage A2M et le captage en rivière de Mouhogoni, cf. l'illustration ci-après).

Illustration 18.  
Localisation des sites de  
prélèvements du  
01/06/2000 (cf.  
BGRM/RC-50355-FR)



Paramètres	Station 1 (amont)						Station 2 (aval)					
	Saison humide			Saison sèche			Saison humide			Saison sèche		
	J1	J2	J3	J1	J2	J3	J1	J2	J3	J1	J2	J3
pH	7.44	7.4	7.5	7.5	7.7	7.5	7.36	7.5	7.4	7.3	7.4	7.4
température (°C)	28	27.9	26.6	25	25	23.8	27.4	27.6	25.5	24.1	24.3	23.7
conductivité (µS/cm)	231	247	255	280	285	283	233	236	243	277	284	283
MES (mg/l)	2	2	18	4	4	2	8	6	18	5	6	7
DBO5 (mg/l)												
nitrites (mg/l)	0	0	0	0	0	0						
nitrates (mg/l)	0.53	0.13	0.13	0.15	0.1	0.07						
ammonium (mg/l)	0.08	0.04	0.03	0.05	0.11	0.05						
azote Kjeldhal (mg/l)	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
orthophosphates (mg/l)	< 0.1	< 0.1	-	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	< 0.1	< 0.1	< 0.1
phosphore total (mg/l)	0.06	0.08	0.1	0.2	0.1	0.2	0.19	0.11	0.15	0.1	0.2	0.2

Tableau 11. Résultats des mesures et analyses réalisées à proximité (aval et amont) du captage du Mro Oua Mouhogoni le 01/06/2000 (extrait du rapport BRGM/RC-50355-FR).

Ces analyses avaient montré : des eaux légèrement basiques (pH > 7,4) et faiblement minéralisées (conductivité située entre 230 et 300 µS/cm), des teneurs en nitrates et en ammonium faibles (respectivement inférieures à 0,5 mg/L et 0,1 mg/L) et une concentration en phosphore de l'ordre de 0,2 mg/L en saison sèche.

Les analyses d'autocontrôle réalisées par la DASS et la SOGEA en 2000, 2003, 2007 et 2009 (Annexe 2) ont toutes été réalisées en saison sèche (juin - juillet) sur les eaux brutes du captage de Mouhogoni.

Les analyses confirment les valeurs de pH basiques (à l'exception de la mesure à 6,95 le 19/06/2003). D'un point de vue chimique, ces eaux ne se distinguent pas particulièrement des eaux de surface analysées à Mayotte au niveau des teneurs en éléments majeurs :  $[Ca^{2+}]$  et  $[Mg^{2+}]$  se situent entre 10 et 20 mg/L en moyenne,  $[Cl^-]$

affiche en moyenne 16 mg/L, le fluor est présent et sa concentration est stable autour de 0,14 mg/L

Une concentration moyenne des phosphates autour de 0,02 mg/L est imputée aux activités de lessive observées en amont.

Des concentrations en fer assez fortes ont été analysées à 3 reprises (550 µg/L en juin 2003, 130 µg/L en juillet 2007 et 120 µg/L en juillet 2008). Ces valeurs sont sensiblement proches voire supérieures aux concentrations maximales admissibles pour les eaux potables (Annexe 1, §1-2, au décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exception des eaux minérales naturelles).

La concentration en manganèse n'a été mesurée qu'à une seule reprise, le 19/06/2003 et affichait 63 µg/L, soit une valeur sensiblement supérieure aux concentrations maximales admissibles fixées à 50 µg/L.

Des traces de pollutions bactériologiques rémanentes sont visibles avec entérocoques et Escherichia Coli. Compte tenu du contexte climatique, des faibles débits hydrologiques, des activités d'élevage et du déficit d'assainissement, ces concentrations de germes sont fréquentes dans les eaux de surface (un constat similaire pourra être fait dans le cas du captage de Mjihari, cf. § 3.1.2).

Aucune substance phytosanitaire n'a été mise en évidence dans les eaux de surface alimentant le captage.

Dans l'ensemble, les eaux du Mro Oua Mouhogoni à hauteur du captage ne montrent pas de signes de pollution particulière. Il est néanmoins important de surveiller les teneurs en fer et manganèse des eaux, teneurs souvent supérieures aux concentrations maximales admissibles.

En ce qui concerne les phosphates, l'utilisation récente de lessive sans phosphate réduit les risques de pollution et d'eutrophisation des cours d'eau.

### **3) Délimitation du BAC**

Comme indiqué dans le rapport BRGM/RP-57299-FR (Malard et al. 2009), les limites des bassins d'alimentation des captages de surface épousent exactement les limites du bassin versant topographique en amont de la prise d'eau ainsi que les bassins versants hydrogéologiques - dont les limites sont repoussées à l'extérieur du bassin versant topographique - et qui sont susceptibles de participer à l'alimentation du cours d'eau en amont de la prise.

Dans le cas du captage de Mouhogoni, aucun bassin versant hydrogéologique n'a été reconnu comme potentiellement alimenté à l'extérieur des limites du bassin versant topographique. De fait, les limites du bassin d'alimentation de captage demeurent celles du bassin versant de surface.

Ces limites débutent au niveau du captage de Mouhogoni et se dirigent vers le sud en suivant la ligne de crête la plus proche. Elles se prolongent le long de la ligne de crête, passent par le sommet des reliefs de la Vigie (borne 137 m NGM), par le point coté 152 m NGM et rejoignent les limites du bassin versant de surface du Mro Oua Maré au niveau des reliefs de Bandranzia (Illustration 23).

De ce point, les limites se prolongent vers l'Ouest en suivant les limites du bassin versant de surface du Mro Oua Maré jusqu'au point coté 221 m NGM, point à compter duquel elles bifurquent en direction du Mlima Mahojani puis suivent la ligne de crête de direction Nord-est, passent par les points cotés 181 m NGM et 94 m NGM. De ce point, les limites redescendent par la ligne de crête en direction du captage en coupant les parcelles de culture.

Ainsi délimité, le bassin d'alimentation du captage de Mouhogoni occupe une surface de 2,7 km<sup>2</sup> pour un périmètre de 9,3 km.

### 3.1.2. Captage de Mjihari (ou Dzoumogné) – BSS 12302X0028/CAP\_MJ

#### 1) Présentation

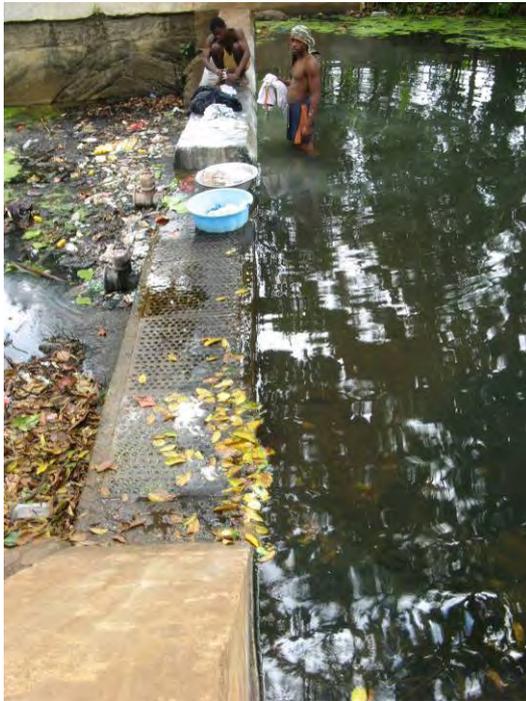
Le captage de Mjihari, créé et mis en service en 2000 est situé en aval de la retenue collinaire de Dzoumogné et par conséquent en aval des prises d'eau de Mahojani et Mapouéra. Les informations relatives à l'ouvrage sont compilées dans le tableau suivant.

<b>Nom</b>	Captage de Mjihari (ou Dzoumogné)
<b>Code Commune</b>	98502
<b>Commune</b>	BANDRABOUA
<b>Section</b>	AS
<b>Titre</b>	T1665
<b>Parcelle</b>	4
<b>Coord X<sub>RGM04</sub></b>	512 212 m
<b>Coord Y<sub>RGM04</sub></b>	8 593 605 m
<b>Coord Z<sub>NGM</sub></b>	12 m (MNT IGN© 2009) <sup>12</sup>
<b>Code BSS</b>	12302X0028/CAP_MJ
<b>Chronique prélèvement</b>	Somme captages Dzoumogné + Méresse + Longoni + Mouhogoni à l'usine de Méresse
<b>Date de création</b>	2000
<b>Remarque</b>	Mis en service en 2000

Tableau 12. Informations relatives au captage en rivière de Mjihari (ou Dzoumogné)

De même que la prise d'eau de Mouhogoni et en raison du soutien à l'alimentation par la retenue collinaire de Dzoumogné, le captage de Mjihari fonctionne en permanence. Les prélèvements sont importants.

<sup>12</sup> L'ouvrage n'a jamais été précisément nivelé.



Brgm©

*Illustration 19. Le captage de Mjihari ou Dzoumogné (photographie BRGM du 14 octobre 2009). Le captage est utilisé comme site de lessive par la population de Dzoumogné. Les déchets domestiques sont jetés en aval du captage (visibles en arrière plan : sachets de Klin, bouteilles de javel, etc.)*

## **2) Qualité des eaux**

Le recensement à disposition fait état de 8 analyses de la qualité des eaux à hauteur ou à proximité du captage de Mjihari (ou Dzoumogné comme marqué en Annexe 2). Les premières analyses de la qualité des eaux à hauteur du captage datent de 1983 (Eberschweiler 1986). A l'époque le captage n'existait pas. Les analyses ont ensuite été réalisées en 1993, 1994, 2003, 2005, 2007 et 2008.

En ce qui concerne les paramètres majeurs ( $[Cl^-]$ ,  $[Ca^{2+}]$ ,  $[Mg^{2+}]$ ,  $[Na^+]$  et  $[K^+]$ ) les teneurs analysées sont comparables aux moyennes analysées dans les eaux des cours d'eau mahorais (cf. § 2)).

En revanche, les analyses font état de concentrations en fer assez élevées voire très élevées ; respectivement 290  $\mu g/L$ , 1100  $\mu g/L$ , 270  $\mu g/L$  et 1330  $\mu g/L$  le 04/11/1994, 19/06/2003, 01/03/2005 et 30/05/2003. Les concentrations en fer sont manifestement assez importantes en saison sèche (solubilisation des minéraux des roches encaissantes) et dépassent les concentrations maximales admissibles pour l'eau potable (Annexe 1, §I-2, au décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exception des eaux minérales naturelles). Il en est de même pour les concentrations en manganèse, qui aux mêmes dates sont respectivement de 0  $\mu g/L$ , 180  $\mu g/L$ , 174  $\mu g/L$  et 217  $\mu g/L$  (avec une réserve sur la première valeur), soit des valeurs tout aussi élevées et bien supérieures aux concentrations maximales admissibles fixées à 50  $\mu g/L$ .

Ce constat rejoint les observations réalisées quant à la qualité des eaux du captage de Mouhogoni (cf. § 2)) qui signalent de fortes concentrations en fer et en manganèse.

En 2005, 2007 et 2008, l'analyse des paramètres bactériologiques a révélé la présence de germes aérobies, de Coliformes, de Coliformes thermotolérants (*Escherichia Coli*), de Streptocoques, d'Entérocoques et de spores en quantités importantes. De telles concentrations sont le signe d'une pollution importante par les matières fécales. Cette pollution peut être imputée aux activités d'élevage de zébus – importantes dans le bassin – mais aussi au manque d'assainissement.

Il est important de noter que le captage de Mjihari a été retenu comme point d'eau du réseau DCE de qualité des eaux de surface (cf. Malard et al. 2008, rapport BRGM/RP-56774-FR) et que - dans un premier temps, avant la définition finale du réseau – les eaux sont analysées en octobre 2009 et dans le courant des mois de mars/avril 2010.

### **3) Délimitation du BAC**

Comme indiqué dans le rapport BRGM/RP-57299-FR, les limites des bassins d'alimentation des captages de surface épousent exactement les limites du bassin versant topographique en amont de la prise d'eau ainsi que les bassins versants hydrogéologiques - dont les limites sont repoussées à l'extérieur du bassin versant topographique - et qui sont susceptibles de participer à l'alimentation du cours d'eau en amont de la prise.

En ce qui concerne le captage de Mjihari, sa position centrale dans le bassin versant et en aval de nombreuses confluences en font un captage à bassin d'alimentation étendu.

Les limites du bassin d'alimentation débutent à hauteur du captage et se développent en direction du Nord en suivant la ligne de crête la plus proche, en traversant la piste et en passant à l'Ouest de l'école. Les limites remontent ensuite le long de la ligne de crête en épousant les limites du bassin versant du Mro Oua Maré (cf. § 2.2) jusqu'au sommet du Mlima Dziani Bolé, en passant par les points cotés 132, 192, 251 et 472 m NGM.

De ce point, les limites se poursuivent vers le mont Hachiroungou en suivant la ligne de crête, puis redescendent en direction du sud jusqu'au point coté 221 m NGM en passant par les points cotés 363, 345 et 301 m NGM. Du point 221, les limites se prolongent vers le Mlima Mahojani puis, le long la ligne de crête jusqu'au point coté 94 m NGM et redescendent ensuite vers le captage.

Ainsi délimité, le bassin d'alimentation du captage occupe une surface de 15,3 km<sup>2</sup> pour un périmètre de 16,9 km.

Le captage de Mjihari étant situé en aval des captages de Mapouéra et de Mahojani, les bassins d'alimentation de ces deux captages seront inscrits en intégralité dans celui de Mjihari.

### 3.1.3. Captage de Mapouéra – BSS 12302X0030/CAP\_MP

#### 1) Présentation

La prise d'eau en rivière de Mapouéra a été réalisée en 2000, c'est-à-dire plus ou moins conjointement à la réalisation de la retenue collinaire. Les informations essentielles relatives à l'ouvrage sont compilées dans le tableau suivant.

<b>Nom</b>	Captage de Mapouéra
<b>Code Commune</b>	98502
<b>Commune</b>	BANDRABOUA
<b>Section</b>	AM
<b>Titre</b>	
<b>Parcelle</b>	65
<b>Coord X<sub>RGM04</sub></b>	510 816 m
<b>Coord Y<sub>RGM04</sub></b>	8 594 024 m
<b>Coord Z<sub>NGM</sub></b>	99 m (MNT IGN© 2009) <sup>13</sup>
<b>Code BSS</b>	12302X0030/CAP_MP
<b>Chronique prélèvement</b>	Non comptabilisé
<b>Date de création</b>	2000
<b>Remarque</b>	En service depuis 2000.

Tableau 13. Informations relatives au captage en rivière de Mapouéra

En ce qui concerne le fonctionnement de la prise, cette dernière se compose d'une grille disposée en travers du cours d'eau et d'un batardeau. Les eaux captées sont dérivées et dirigées dans la ravine voisine où elles déversent dans le Mro Oua Bandrani et participent ainsi à l'alimentation de la retenue collinaire (Illustration 21).

Le Mro Oua Mapouéra étant une rivière pérenne, la prise d'eau fonctionne toute l'année.

<sup>13</sup> L'ouvrage n'a jamais été précisément nivelé.



Brgm©

Illustration 20. captage de Mapouéra (photographie BRGM du 19 octobre 2009). Le batardeau et les fuites assurent un débit minimum en aval des grilles de l'ordre de 1 L/s.

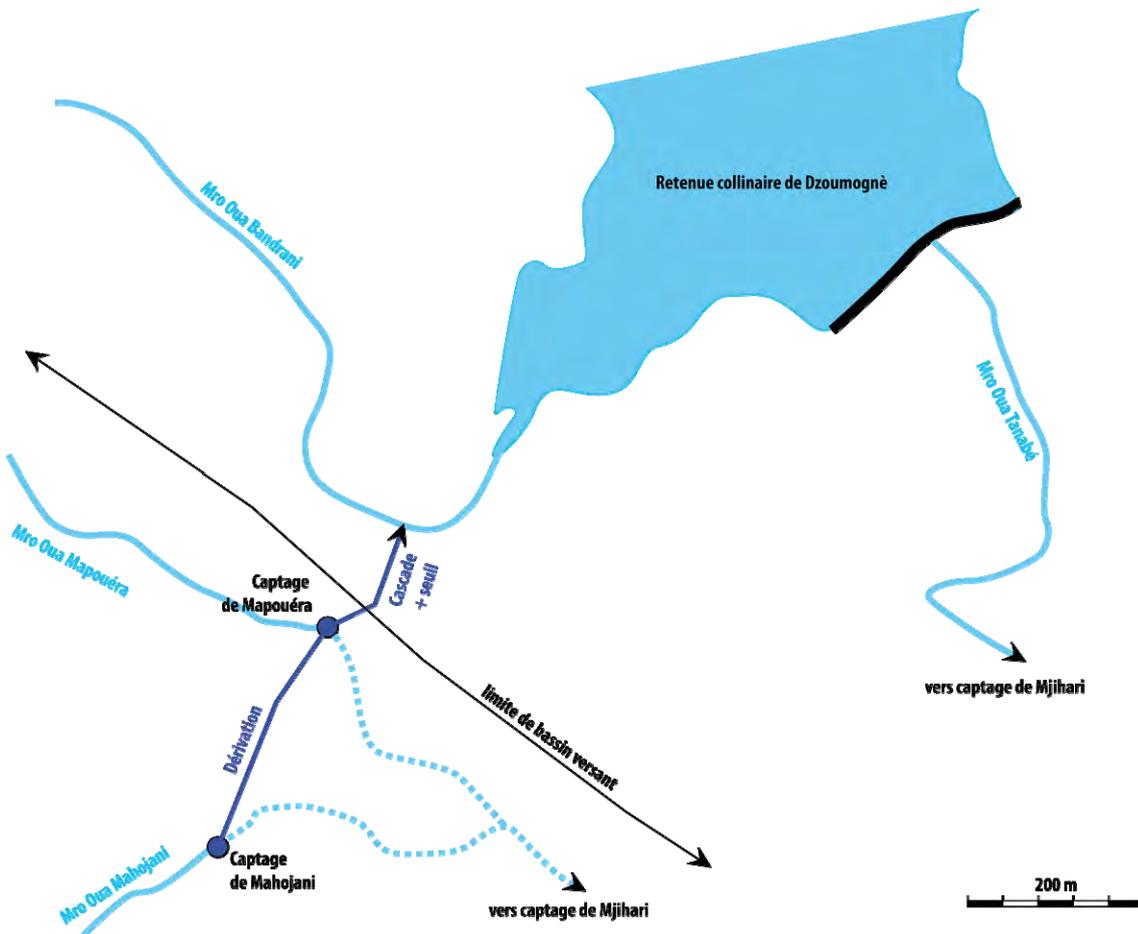


Illustration 21. Principes de fonctionnement des captages de Mapouéra et de Mahojani. Illustration de la dérivation des eaux vers le Mro Oua Bandrani. Le tracé initial est celui noté en pointillé dont l'alimentation est aujourd'hui assuré par les fuites des prises d'eau et les débordements des bâtards d'eau.

## **2) Qualité des eaux**

La qualité des eaux n'a jamais été mesurée au niveau du captage de Mapouéra (pas d'analyse disponible).

Les reconnaissances de terrain réalisées le 19 octobre 2009 ont montré que les eaux affichaient des valeurs de conductivité relativement stables, entre 280 et 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (cf. § 2.7). Ces valeurs de conductivité sont courantes dans les eaux superficielles de Mayotte (cf. Malard et al. 2008, rapport BRGM/RP-56774-FR).

## **3) Délimitation du BAC**

Comme indiqué dans le rapport BRGM/RP-57299-FR (Malard et al. 2009), les limites des bassins d'alimentation des captages de surface épousent exactement les limites du bassin versant topographique en amont de la prise d'eau ainsi que les bassins versants hydrogéologiques - dont les limites sont repoussées à l'extérieur du bassin versant topographique - et qui sont susceptibles de participer à l'alimentation du cours d'eau en amont de la prise.

Dans le cas du Mro Oua Mapouéra, il n'a pas été identifié de bassin versant hydrogéologique particulier qui participent à l'alimentation du cours d'eau dont les limites amont sont à l'extérieur de l'emprise du bassin versant de surface.

Par conséquent, les limites du bassin d'alimentation du captage de Mapouéra se superposent aux limites du bassin versant de surface en amont de la prise. Le découpage est présenté en Illustration 23.

Les limites du BAC débutent au niveau du captage, se développent en direction du Nord-ouest en suivant la ligne de crête la plus proche et se prolongent en direction du sommet du Mlima Mapouéra (357 m NGM) en passant par le point coté 262 m NGM. Du sommet du Mlima Mapouéra, les limites se poursuivent - toujours en suivant la ligne de crête – vers le mont Hachiroungou en passant par les points cotés 333 m NGM et 452 m NGM où elles se superposent aux limites du bassin versant du Mro Oua Maré comme définies au § 2.2.

Les limites redescendent ensuite en direction du Sud, passent par les points cotés 363 et 345 m NGM et se dirigent le long de la ligne de crête orientée ENE en direction du captage en passant par les points cotés 311 et 244 m NGM.

Ainsi délimité, le bassin d'alimentation du captage de Mapouéra occupe une surface de 3 km<sup>2</sup> pour un périmètre de 8,8 km.

### 3.1.4. Captage de Mahojani – BSS 12302X0029/CAP\_MA

#### 1) Présentation

Ce captage est situé sur le Mro Oua Mahojani, un affluent supérieur du Mro Oua Mjihari. Réalisé et mis en service en 2000, cet ouvrage ne fonctionne pas en permanence compte tenu du régime hydrologique temporaire du cours d'eau. Les informations relatives à ce captage sont compilées dans le tableau suivant.

<b>Nom</b>	Captage de Mahojani
<b>Code Commune</b>	98502
<b>Commune</b>	BANDRABOUA
<b>Section</b>	AY
<b>Titre</b>	R6748
<b>Parcelle</b>	24
<b>Coord X<sub>RGM04</sub></b>	510 711 m
<b>Coord Y<sub>RGM04</sub></b>	8 593 789 m
<b>Coord Z<sub>NGM</sub></b>	97 m (MNT IGN© 2009) <sup>14</sup>
<b>Code BSS</b>	12302X0029/CAP_MA
<b>Chronique prélèvement</b>	Non comptabilisé
<b>Date de création</b>	2000
<b>Remarque</b>	En service depuis 2000. Exploité uniquement en fin de saison des pluies et début de saison sèche

Tableau 14. Informations relatives au captage en rivière de Mahojani

Les eaux captées à hauteur de la prise sont dirigées vers le captage de Mapouéra puis vers la retenue collinaire de Dzoumogné *via* le Mro Oua Bandrani (cf. principe de fonctionnement en Illustration 21).

<sup>14</sup> L'ouvrage n'a jamais été précisément nivelé.



Brgm©

*Illustration 22. Captage de Mahojani (photographie BRGM du 19 octobre 2009). Le régime hydrologique étant faible (moins de 1 L/s mesuré en amont, cf. § 4.3), le captage ne fonctionne pas ce jour là.*

A l'instar des autres prises d'eau, le captage de Mahojani ne fonctionne pas toute l'année. Il est souvent fermé en fin de saison sèche.

## **2) Qualité des eaux**

De même qu'en ce qui concerne le captage de Mapouéra, les eaux du captage de Mahojani n'ont jamais fait l'objet d'analyses.

Les reconnaissances de terrain du 19 octobre ont permis de relever des mesures de conductivité dans le cours d'eau à proximité du captage. Les valeurs (cf. § 2.7) sont relativement stables autour de 240  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , valeurs qu'il est fréquent de rencontrer dans les cours d'eau mahorais (cf. Malard et al. 2008, rapport BRGM/RP-56774-FR).

## **3) Délimitation du BAC**

Comme indiqué dans le rapport BRGM/RP-57299-FR (Malard et al. 2009), les limites des bassins d'alimentation des captages de surface épousent exactement les limites du bassin versant topographique en amont de la prise d'eau ainsi que les bassins versants hydrogéologiques - dont les limites sont repoussées à l'extérieur du bassin versant topographique - et qui sont susceptibles de participer à l'alimentation du cours d'eau en amont de la prise.

Dans le cas du Mro Oua Mahojani, il n'a pas été mis en évidence de participation de bassin hydrogéologique connu dans l'alimentation du cours d'eau. Ainsi, les limites du

BAC se superposent aux limites du bassin versant en amont du captage. Le découpage est présenté en Illustration 23.

Les limites débutent au niveau du captage et remontent au sud en direction du point coté 194 m NGM en suivant la ligne de crête la plus proche. De ce point, les limites se poursuivent en direction du Mlima Mahojani (270 m NGM) et – toujours en suivant la ligne de crête – récupèrent la limite du bassin versant du Mro Oua Maré au point coté 221 m NGM.

Les limites suivent alors celles du bassin versant du Mro Oua Maré en direction du nord et bifurquent avant le point coté 345 m NGM vers le sommet situé à l'Est et coté 311 m NGM. De ce point, les limites se poursuivent en direction de l'Est en suivant la ligne de crête, passent par le point coté 244 m NGM et redescendent en direction du captage.

Ainsi délimité, le bassin d'alimentation du captage de Mahojani occupe une surface de 2,2 km<sup>2</sup> pour un périmètre de 6,5 km.

### 3.2. RECAPITULATIF DES DECOUPAGES DES BASSINS D'ALIMENTATION DES CAPTAGES DU BASSIN VERSANT DU MRO OUA MARE

L'illustration ci-dessous présente le découpage des 4 bassins d'alimentation des captages de surface du bassin versant du Mro Oua Maré (captages de Mouhogoni, Mjihari, Mapouéra et Mahojani).

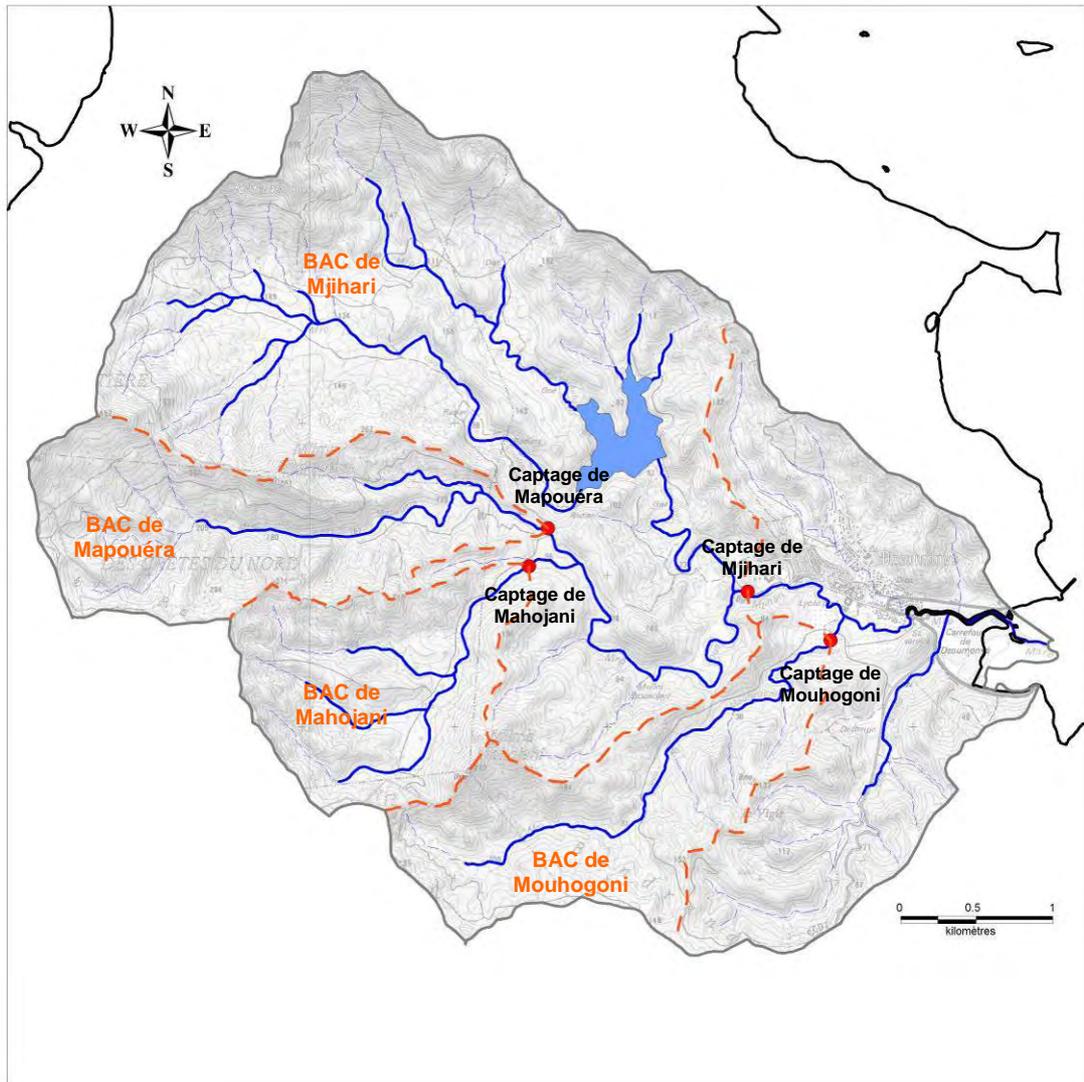


Illustration 23. Découpage des 4 bassins d'alimentation des captages de surface du bassin versant du Mro Oua Maré.

BAC	Surface (km <sup>2</sup> )	Périmètre (km)	Remarques
Captage de Mouhogoni	2,7	9,3	/
Captage de Mjihari ou Dzoumogné	15,3	16,9	Comprend les BAC de Mapouéra et de Mahojani
Captage de Mapouéra	3	8,8	/
Captage de Mahojani	2,2	6,5	/

*Tableau 15. Récapitulatif des informations relatives aux bassins d'alimentation des captages de surface du bassin versant du Mro Oua Maré.*

Il est important de rappeler ici qu'aucun des captages du bassin ne voit ses prélèvements comptabilisés. Cette donnée est essentielle à plusieurs titres : (i) pour la réalisation d'un bilan hydrologique, (ii) dans le cadre du suivi AEP de la ressource, et (iii) dans le cadre de la mise en place des DMB (Débits Minimum Biologiques). La protection des ressources en eau d'un bassin d'alimentation est indissociable de la connaissance des volumes exploités ou prélevés.

### 3.3. LE FORAGE DE MOHOGONI - 12302X0025/MOHOG

#### 3.3.1. Présentation

D'une profondeur de 75 m, le forage de Mohogoni a été réalisé par le SIEAM entre le 27/07/2004 et le 07/08/2004. Les travaux de forage ont été suivis par la DAF et ont fait l'objet d'un rapport d'exécution (SIEAM - DAF/SER juillet 2005). La coupe technique de l'ouvrage est disponible en Annexe 1 et les informations essentielles reprises dans le tableau suivant.

<b>Nom</b>	Forage de Mohogoni
<b>Code Commune</b>	98502
<b>Commune</b>	BANDRABOUA
<b>Section</b>	AX
<b>Titre</b>	T 1690
<b>Parcelle</b>	5
<b>Coord X<sub>RGM04</sub></b>	512 705 m
<b>Coord Y<sub>RGM04</sub></b>	8 593 262 m
<b>Coord Z<sub>NGM</sub></b>	11,12 m (nivellement topographique au sol)
<b>Code BSS</b>	12302X0025/MOHOG
<b>Chronique prélèvement</b>	Disponible depuis décembre 2008
<b>Date de création</b>	Août 2004
<b>Remarque</b>	Artésien

Tableau 16. Informations relatives au forage de Mohogoni.

Le forage est implanté à proximité de la prise d'eau en rivière de Mouhogoni à l'endroit où la nappe a été identifiée comme artésienne.

Géologiquement, les formations recoupées lors de la réalisation de l'ouvrage se succèdent comme suit :

- De 0 à 14,5 m, les formations lithologiques dominantes sont des argiles avec passages de basalte altéré et de galets basaltiques remaniés. Ces lithologies peu perméables assurent localement une étanchéité et l'artésianisme de la nappe..

- Sous ces argiles, un niveau de pyroclastites assure la transition avec les basaltes sous-jacents, à pyroxène et olivine, observés entre 16,5 et 22,5 m de profondeur.
- Un niveau de brèches basaltiques identifiées comme des brèches de base de coulées vient s'intercaler entre 22,5 et 24,5 m de profondeur. Des venues d'eau sont identifiées dans ces brèches.
- Sous ces brèches sont identifiés des niveaux alluvionnaires de type plaine littorale à intrusion côtière entre 24,5 et 29,5 m de profondeur. Ces dépôts à dominante sablo-argileuse sont corrélés avec une diminution des venues d'eau.
- De 29,5 à 34,5 m les lithologies dominantes sont des argiles indurées et fracturées (présence de zéolithes témoignant d'une hydrothermalisation des formations). Des venues d'eau ont été identifiées dans ces formations.
- De 39,5 à 75 m de profondeur, il s'agit visiblement d'un événement volcanique plus ancien caractérisé par des formations de basalte sombre à olivine et pyroxène dans lesquelles viennent s'intercaler des passées de cendres et pyroclastites. Ces formations n'ont pas été identifiées comme aquifères



*Illustration 24. Le forage de Mohogoni (photographie BRGM du 20 octobre 2009)*

Brgm©

Les principales venues d'eau ont donc été observées dans les brèches volcaniques qui constituent la base de la coulée de basalte identifiée entre 16 et 22 m de profondeur, ainsi qu'au sein des graviers de basalte et coquilles identifiés entre 25 et 30 m de profondeur et à la base des basaltes identifiés entre 30 et 34,5 m de profondeur. L'ouvrage a été remblayé sous 39,40 m de profondeur et la crépine a été placée seulement entre 13,65 et 36,57 m (soit entre -2,5 et -25 m NGM).

A l'entrée de l'enclos, un piézomètre est visible sur la droite du chemin. Il existe peu d'informations relatives à ce piézomètre, visiblement artésien lui aussi aux dires de la DAF (cf. Illustration 25).



Brgm©

*Illustration 25. Piézomètre dans l'enceinte de l'enclos du forage de Mohogoni. D'après la DAF, ce piézomètre est antérieur aux travaux du forage de Mohogoni (photographie BRGM du 19 octobre 2009). L'ouvrage est manifestement instrumenté...*

L'essai de nappe du 13 août 2004 réalisé au forage de Mohogoni a montré un rabattement de 14,82 m (manifestement à compter à partir du sol et non par rapport au niveau artésien) après 72 h de pompage au régime de 55 m<sup>3</sup>/h. D'après la méthode graphique de Jacob, la transmissivité est fixée à  $2,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . Il est important de noter que cette valeur est sensiblement plus élevée que la moyenne des aquifères à Mayotte.

Le débit d'exploitation préconisé a été fixé à 45 m<sup>3</sup>/h pour un rabattement de 10 m.

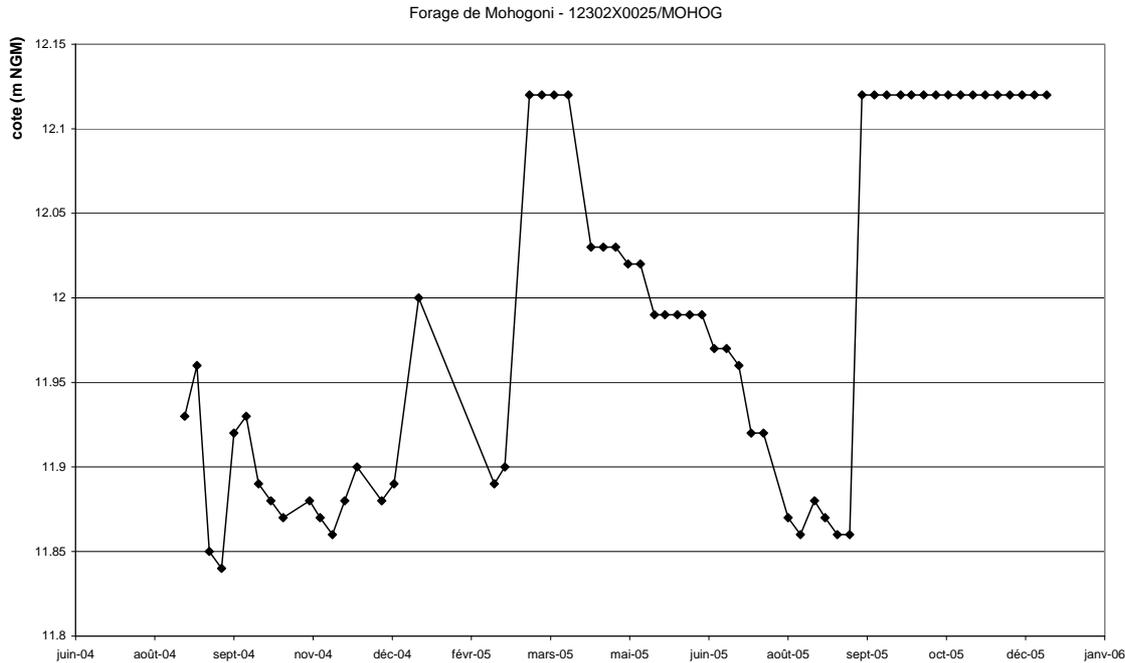
Mis en service en décembre 2008 au régime moyen de 5 000 m<sup>3</sup>/semaine, le forage fonctionne entre 10 et 15 h/jour 7J/7 (informations SOGEA). Le forage de Mohogoni est donc un forage considéré comme productif dans le contexte de Mayotte.

Depuis sa mise en service récente, les rabattements observés sont de l'ordre de 6 m (informations SOGEA, en considérant un niveau statique plafonnant au niveau du sol) en accord avec les rabattements maximum préconisés de 10 m (SIEAM & DAF-SER 2005).

### **3.3.2. Piézométrie**

Lors de la foration, le niveau statique du forage de Mohogoni a été relevé à 0,64 m/sol soit 11,76 m NGM (le 07/08/2004, en période de basses eaux).

Les niveaux piézométriques du forage ont été enregistrés par la DAF de Mayotte entre le 23/08/2004 et le 26/12/2005. Les relevés sont présentés en Illustration 26.



*Illustration 26. Chronique piézométrique du forage de Mohogoni entre le 23/08/2004 et le 26/12/2005 (données DAF de Mayotte). La cote maximale est de 12,12 m NGM, au-delà les niveaux ne sont plus mesurables car ils débordent*

La chronique piézométrique du forage de Mohogoni ne révèle que peu d'informations étant donné qu'elle couvre à peine deux années.

Les niveaux piézométriques de basses eaux se situent entre 11,85 et 11,9 m NGM et ceux de hautes eaux dépassent la cote maximale de 12,12 m NGM à partir de laquelle les niveaux piézométriques ne sont plus mesurables car ils débordent.

Ainsi, (i) il est impossible de connaître les battements de la nappe en hautes eaux et (ii) l'amplitude des fluctuations entre hautes eaux et basses eaux (elles sont néanmoins supérieures à 25 cm).

Par ailleurs, il est important de remarquer qu'à partir de septembre 2005, la piézométrie de la nappe passe brusquement du niveau d'étiage à la cote maximale, soit l'équivalent d'une remontée de plus de 25 cm en l'espace de 7 jours.

Une hausse importante mais moins brutale des niveaux piézométriques peut aussi être observée en 2004, entre le 21 février et le 07 mars, soit l'équivalent d'une remontée de plus de 22 cm en l'espace de 14 jours.

Comme suggéré aux §. 2.3, §. 2.4.3 et en Illustration 8, l'activité hydrologique des années 2004 et 2005 semble assez élevée comparativement aux autres années. Cette pluviométrie plus prononcée, se traduisant potentiellement par une abondante recharge de l'aquifère pourrait expliquer cette hausse brutale des niveaux

piézométriques. En l'absence de données plus complètes, il est délicat de se prononcer unilatéralement, mais il semble que l'aquifère soit assez réactif.

La mise en relation des chroniques de débits du Mro Oua Mouhogoni et de piézométrie du forage de Mohogoni sur les années 2004 et 2005 est illustrée ci-dessous.

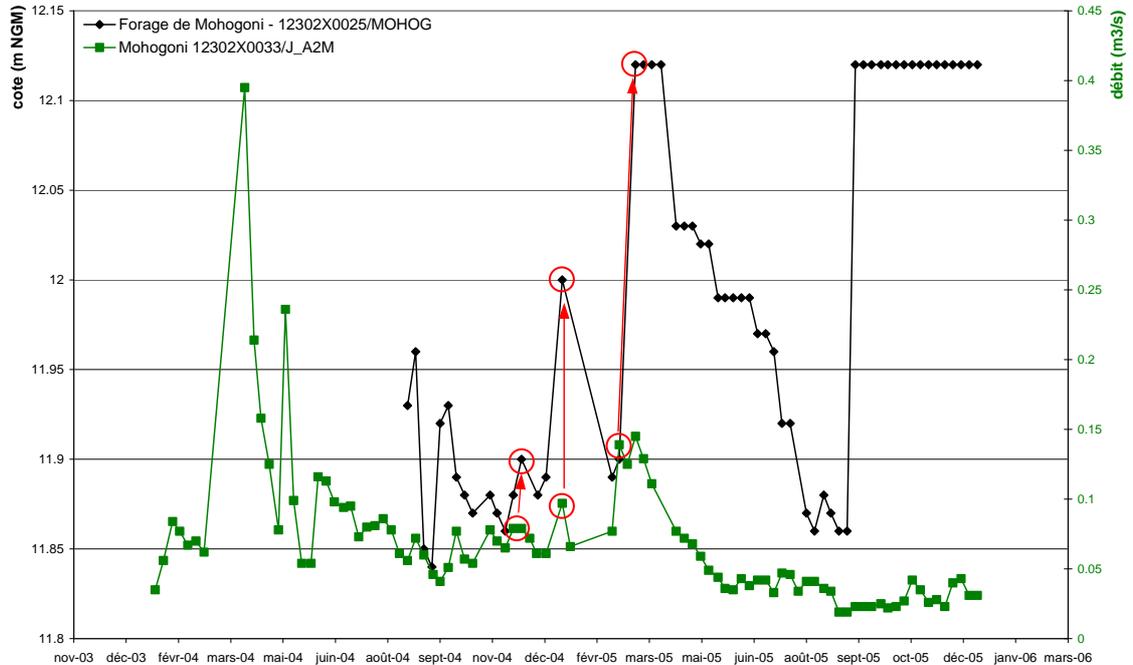


Illustration 27. Superposition des chroniques de débit du Mro Oua Mouhogoni (en  $m^3/s$  à droite) et de piézométrie du forage de Mohogoni (en m NGM à gauche).

Bien que la période de recouvrement des deux chroniques soit courte, la superposition des débits du Mro Oua Mouhogoni à la piézométrie du forage de Mohogoni montre que les tendances sont les mêmes d'une courbe à l'autre.

Entre août 2004 et août 2005, l'augmentation progressive des débits du Mro Oua Mouhogoni est immédiatement suivie par une hausse des niveaux piézométriques. De plus, toutes les fluctuations de débits enregistrées à hauteur de la station se retrouvent aussi sur la chronique de piézométrie (comme marqué sur l'illustration). Compte tenu des pas de mesures irréguliers et lâches, il est difficile de distinguer et de chiffrer l'antériorité des événements de débits et leur impact sur la nappe – et donc de déterminer des temps de réponses de la nappe aux alimentations.

Autre observation, à compter de septembre 2005, la chronique de débits du Mro Oua Mouhogoni affiche des valeurs d'étiage très faibles (environ 20 L/s) en accord avec les conditions pluviométriques régnantes, alors que la piézométrie du forage de Mohogoni est sa valeur maximale, équivalente à la mesure en hautes eaux. Il semblerait qu'à compter de septembre 2005, les valeurs indiquées sur la courbe piézométrique du forage de Mohogoni (cote de 12,12 m NGM) soient fausses.

Ces considérations faites, l'illustration montre bien que les fluctuations piézométriques de la nappe captée à hauteur du forage de Mohogoni sont essentiellement conditionnées par les régimes hydrologiques du Mro Oua Mouhogoni qui en assure l'alimentation à travers des mécanismes d'infiltration qui s'opèrent au dessus de l'altitude de 12,12 m NGM. Le bassin d'alimentation débutera à compter de cette altitude.

Le BAC du forage de Mohogoni comprendra dès lors l'intégralité du bassin versant de surface du Mro Oua Mouhogoni.

### 3.3.3. Qualité de l'eau

Les analyses sont présentées en Annexe 2.

Les premières analyses réalisées sur la ressource datent du 15/08/2004 et témoignaient :

- d'un PH légèrement basique de 7,77 ;
- d'une conductivité faible de 289  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ;
- de la présence de fer en forte concentration (supérieure à 0,2 mg/L qui est la concentration maximale admissible pour l'usage AEP, cf. Annexe 1, §1-2, au décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exception des eaux minérales naturelles) ;
- de nitrates en faible quantité (1,17 mg/L) ;
- et de l'absence de germes de type Escherichia Coli et Entérocoques.

Des analyses ont été ensuite réalisées en 2007 et 2009 et avancent ou confirment les points suivants :

- le pH est toujours supérieur à 7,75 ;
- la turbidité de l'eau est toujours supérieure à 0,5 NTU ;
- les concentrations en fer sont inférieures à celles mesurées la première fois (respectivement 0,01, 0,04 et 0,14 mg/L en 2007 et 2009) ;
- le manganèse est présent mais ses teneurs sont inférieures aux concentrations maximales admissibles (<0,01 mg/L et 0,02 mg/L en 2009) ;
- la présence de germes et de coliformes en 2007 est identifiée, mais en faible quantité (15 germes aérobiques pour 100 mL et 1 coliforme).

Les analyses de 2004, 2007 et 2009 sont très comparables et à l'exception des teneurs en fer et des germes qu'il est important de surveiller, l'eau du forage de Mouhogoni ne présente pas de dégradation significative de sa qualité. La présence de germes n'est pas insolite dans les eaux souterraines de Mayotte, elle peut être la traduction d'une pollution proche (élevage, défaut d'assainissement) mais peut aussi être la conséquence d'un prélèvement douteux, d'une mauvaise conservation, etc. Dans ce cas, la qualité de l'eau n'est pas en doute.

Malheureusement, en l'absence d'analyses complémentaires, il sera difficile de confirmer, de nuancer et ou d'infirmier la présence et la quantité de ces germes. Cette information est capitale pour l'évaluation de la vulnérabilité de l'aquifère.

La présence de germes bactériologiques dans les eaux souterraines captées au forage de Mohogoni doit être vérifiée.

### **3.3.4. Délimitation du bassin d'alimentation du forage**

Les informations disponibles pour délimiter le bassin d'alimentation du forage sont peu nombreuses et très imprécises (encore davantage que les informations qu'il est possible de rassembler usuellement). Le suivi des fluctuations de la nappe n'a été réalisé qu'entre 2004 et 2005 et ne s'avère juste qu'entre août 2004 et août 2005, ce qui ne représente qu'un cycle hydrologique, soit un laps de temps trop court pour déterminer la redondance de mécanismes hydrogéologiques. En outre, l'absence de piézomètre dans les environs ne permet pas de calculer le cône d'influence du pompage (absence de gradient hydraulique et de coefficient d'emmagasinement).

Néanmoins, la mise en relation de la piézométrie du forage de Mohogoni en 2004 et des débits du Mro Oua Mouhogoni montre que l'alimentation de la nappe est en partie conditionnée par l'activité hydrologique du cours d'eau, probablement par infiltration directe dans le lit du cours d'eau comme il est fréquent de rencontrer sur l'île. La participation par infiltration directe des pluies peut aussi être envisagée, mais en l'absence d'analyse corrélatoire, il est délicat de tirer davantage de conclusions. Ces informations nous amènent à considérer le bassin versant topographique de surface du Mro Oua Mouhogoni comme le bassin d'alimentation de captage amont du forage.

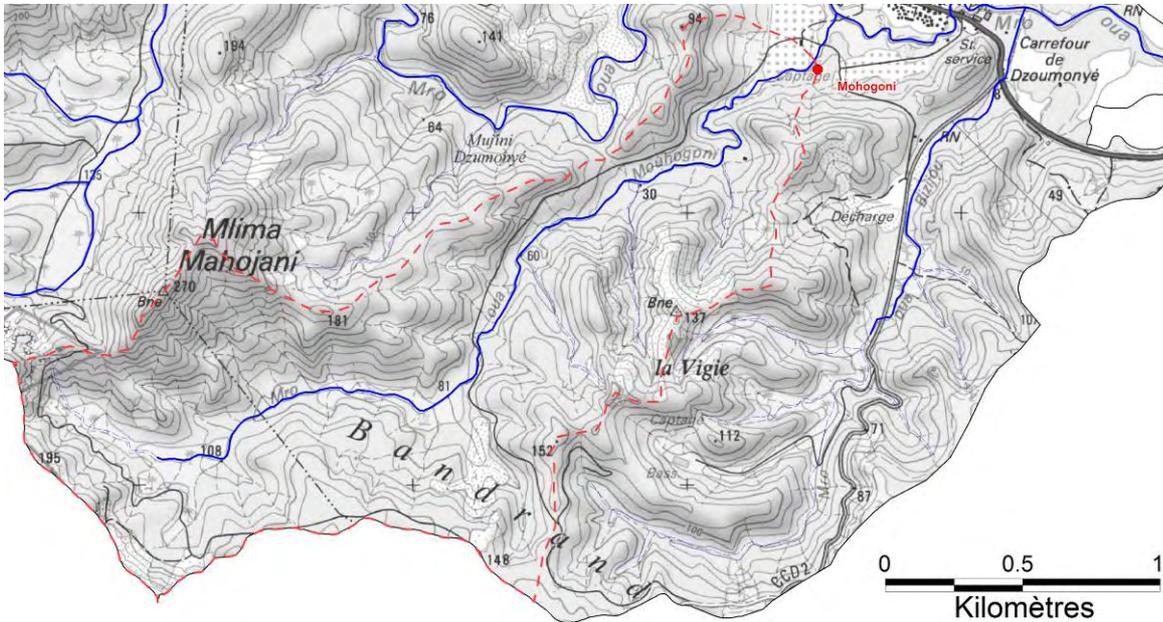
En revanche, l'interprétation des analyses physico-chimiques est loin d'être bijective :

- la présence de fer en forte concentration est significative d'une eau plutôt réductrice, peu oxygénée, qui traduirait un temps de résidence souterrain relativement long. Il serait possible d'avancer que les aires de recharge de l'aquifère sont assez éloignées et donc que ce dernier est plutôt peu vulnérable ;
- à l'inverse, la présence de germes (si elle confirmée et si il ne s'agit pas simplement d'une pollution en tête d'ouvrage) supposerait des temps de parcours souterrain plus courts et des aires d'alimentation plus proches. Supposition qui – dans ce cas - augmenterait le degré de vulnérabilité de l'aquifère.

Compte tenu des différents horizons aquifères traversés entre -2,5 m NGM et -25 m NGM, qui ont été mis en communication par la suite via le forage lui-même (partie crépinée), il est possible que ces horizons aient des mécanismes d'alimentation et de transit très différents. Les eaux mélangées refléteraient ainsi ces différents mécanismes. Un schéma avec des alimentations plurielles pourrait alors être envisagé.

La délimitation du bassin d'alimentation comprend dans sa partie amont, le bassin topographique de surface du Mro Oua Mouhogoni et s'arrête en aval à hauteur de l'ouvrage. Compte tenu de ses limites très similaires avec le bassin d'alimentation du captage de surface du Mro Oua Mouhogoni (BSS 12302X0027/CAP\_MO, cf. 3.1.1) il

ne sera retenu qu'un seul bassin d'alimentation pour les deux ouvrages. Le captage de surface du Mro Oua Mouhogoni étant sensiblement plus en aval que le forage, il constituera la limite aval du BAC. Cette délimitation est présentée ci-dessous.



*Illustration 28. Délimitation du bassin d'alimentation du forage de Mohogoni (trait tireté rouge). Ce bassin d'alimentation de captage est commun au forage de Mohogoni et à la prise d'eau en rivière de Mouhogoni.*



Dans l'ensemble, ces observations suggèrent que le degré de vulnérabilité des ressources en eau souterraine est faible.

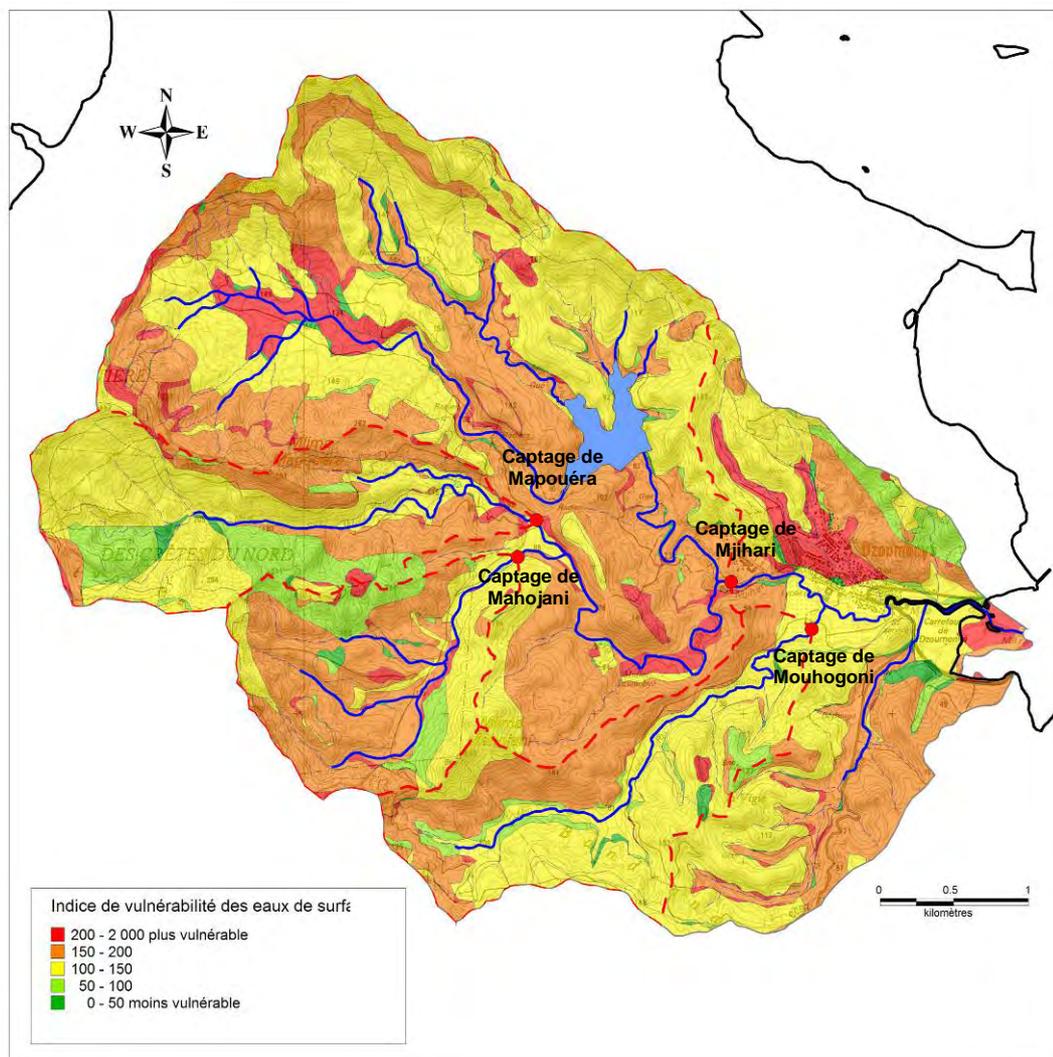
En revanche, les conclusions précédentes concernant (i) les caractéristiques chimiques des eaux (présence de paramètres bactériologiques) et (ii) la rapidité de réponse des niveaux piézométriques aux fluctuations hydrologiques du Mro Oua Mouhogoni et à celles des pluies sont des contre-arguments qui nuancent ce faible degré de vulnérabilité.

Donc, dans le détail, la vulnérabilité de la ressource en eau souterraine captée au niveau du forage de Mohogoni est visiblement plus complexe à appréhender et ne peut être intégralement appréciée à travers l'IDPR.

Des investigations complémentaires de type traçage et analyses physico-chimiques et bactériologiques complémentaires pourraient être envisagées afin de vérifier ces hypothèses.

#### 4.2. EVALUATION DE LA VULNERABILITE DES PRISES D'EAU EN RIVIERE DU BASSIN DU MRO OUA MARE : APPLICATION DE LA METHODE IDPR

Les résultats du calcul de l'IDPR sur le bassin versant du Mro Oua Maré peuvent être étendus à la caractérisation de la vulnérabilité des captages de surface, en mettant en exergue les secteurs à ruissellement dominant en opposition aux secteurs à infiltration préférentielle. Ainsi, par inversion stricte des classes de résultats de la méthode IDPR (c'est-à-dire de l'illustration 29), la carte de vulnérabilité des BAC de surface est proposée ci-dessous.



*Illustration 30. Carte de vulnérabilité des bassins d'alimentation des captages de surface du bassin versant du Mro Oua Maré. En rouge sont figurées les limites des 4 bassins d'alimentation de captage.*

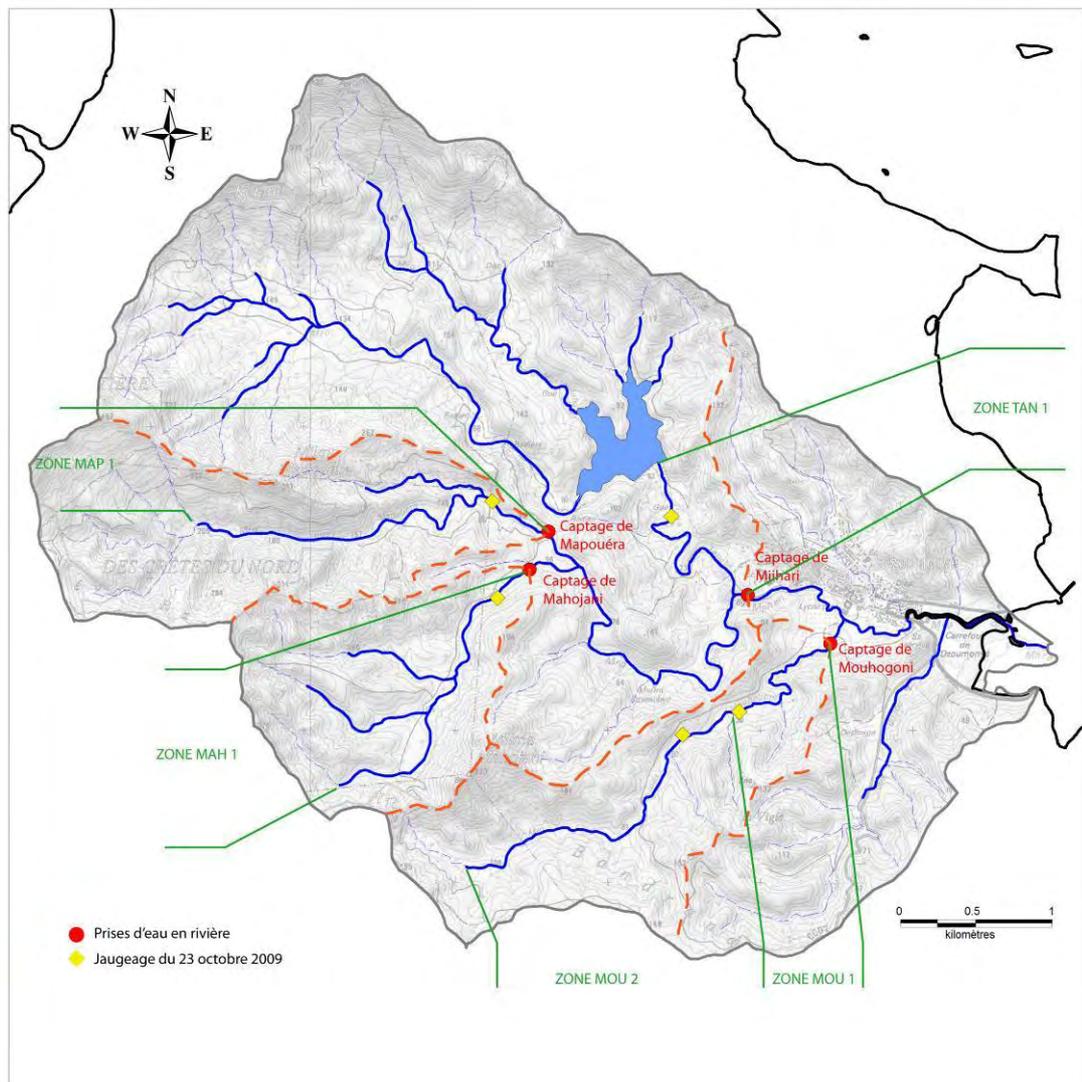
Dans l'ensemble le degré de vulnérabilité des bassins d'alimentation est majoritairement compris entre moyen et élevé dans la gamme des valeurs observées à l'échelle des bassins versants de Mayotte (cf. rapport BRGM/RP-57299-FR, Malard et al. 2009). Les unités présentant le degré de vulnérabilité le plus fort sont souvent associées aux basanites, qui sont des formations altérées et souvent peu perméables donc *a priori* ruisselantes. Les formations présentant des degrés de vulnérabilité moindres sont soit les basaltes ankaramitiques plus sains, soit les formations récentes des séries volcaniques différenciées du Mlima Digo qui occupent la partie Est du bassin.

En ce qui concerne la prise d'eau de surface du Mro Oua Mouhogoni, il est intéressant de noter que le degré de vulnérabilité des versants du bassin est plus important en rive gauche qu'en rive droite. Cette observation confirme que le Mro Oua Mouhogoni se développe bien le long d'un contact lithologique qui sépare les unités de basanites altérées à l'Ouest des unités plus récentes à l'Est (séries différenciées du Mlima Digo).

En ce qui concerne la prise d'eau de surface du Mro Oua Mapouéra, un constat similaire peut être dressé. Il s'avère que les versants présentant les degrés de vulnérabilité les plus forts sont les versants se développant en rive gauche du cours d'eau, le long des basanites. Les versants se développant en rive droite montrent un degré de vulnérabilité moindre. Il est d'ailleurs opportun de remarquer que la majorité des affluents – du moins les plus importants - se développe sur ces versants rive gauche. Très peu d'affluents proviennent des versants du Mlima Mahojani.

### 4.3. CALCUL DES TEMPS D'ATTEINTE DES COURS D'EAU DU BASSIN EN AMONT DES PRISES D'EAU

Comme indiqué dans le rapport méthodologique BRGM/RP-57299-FR (Malard et al. 2009), dans le cas des captages de surface, le temps de transfert des eaux entre un point donné du bassin d'alimentation et le captage est (i) approché en hautes eaux par application de la formule de Manning Strickler et (ii) calculé en basses eaux à travers la réalisation de jaugeages sur une ou plusieurs section(s) du cours d'eau.



*Illustration 31. Découpage des cours d'eau en amont des prises d'eau de surface du bassin versant du Mro Oua Maré pour application des calculs de Manning Strickler. Localisation des points de jaugeage au sel du 23 octobre 2009.*

L'application de la formule de Manning Strickler pour la détermination des vitesses de transfert et par conséquent des temps d'atteinte aux captages se limite aux conditions de hautes eaux (HE) pour des questions de domaine de validité de l'équation (cf. rapport BRGM/RP-57299-FR). Le détail des calculs est donné en Annexe 3 et les résultats sont encadrés par des coefficients de Manning Strickler de 25 à 40 m<sup>1/3</sup>/s. La tranche d'eau en hautes eaux est considérée comme égale à 1 m (valeur confirmée sur le terrain par l'observation fréquente de laisses de crue).

La limite de temps d'atteinte en hautes eaux et basses eaux est fixée à une heure dans le cas des bassins d'alimentation de captage de petite taille (<6 km<sup>2</sup>) et à 2 heures dans les autres cas.

Il est important de souligner que dans chaque cas (hautes eaux et basses eaux), les vitesses considérées et retenues sont les valeurs les plus pessimistes, à savoir les vitesses les plus élevées – donc les temps d'atteinte les plus courts (cf. rapport BRGM/RP-57299-FR).

A la lecture du Tableau 15, seul le bassin d'alimentation de la prise d'eau de Mjihari est supérieur à 6 km<sup>2</sup>. Une limite de temps d'atteinte de 2 heures sera donc retenue pour ce captage (et ce, sans compter son importance stratégique ; pour rappel le captage de Mjihari est le captage le plus exploité du bassin).

5 jaugeages au sel ont été réalisés à hauteur des 5 points suivants (Illustration 31) le 23 octobre 2009 (détail des calculs en Annexe 4). Les conditions météorologiques de la journée et de la veille ne font pas état de pluie significative. Le débit mesuré ce jour peut donc être considéré comme le débit d'étiage.

#### 4.3.1. Calcul du temps d'atteinte du Mro Oua Mouhogoni en amont du captage de Mouhogoni

En raison d'un linéaire assez développé en amont de la prise d'eau, le Mro Oua Mouhogoni est divisé en 2 zones ; Zone MOU 1 et Zone MOU 2. Les caractéristiques sont présentées dans le tableau suivant.

La distinction entre les 2 zones se fait autour de 30 m NGM sur la base des observations de ruptures de pente du cours d'eau (cf. Illustration 5).

	Longueur cumulée / drain (m)	Altitude de base (m NGM)	Largeur du lit (m)
ZONE MOU 1	1 176	9	3
ZONE MOU 2	2951	32	2

Tableau 17. Caractéristiques des zones en amont du captage de Mouhogoni pour détermination des vitesses de transfert

Un jaugeage (jaugeage 1) a été réalisé sur un point de cette section le 23 octobre 2009, en basses eaux (cf. Tableau 18 et Illustration 31 pour les principaux résultats). Les détails des calculs sont présentés en Annexe 4.

	Zone	Coord X <sub>RGM04</sub>	Coord Y <sub>RGM04</sub>	Débit (L/s)	Vitesse de pointe (m/h)
Jaugeage 1	ZONE MOU 1	512 089	8 592 851	4 (+/- 0,4)	261
Jaugeage 2	ZONE MOU 2	511 717	8 592 700	3 (+/- 0,3)	272

Tableau 18. Points de jaugeage et valeurs des débits d'étiage du Mro Oua Mouhogoni en amont de la prise d'eau (23 octobre 2009)

La détermination des vitesses de transfert et des temps d'atteinte en HE et BE au captage de Mouhogoni sur la base des calculs de Manning Strickler et des jaugeages chimiques est donnée ci-dessous.

		Coefficient de Manning Strickler (m <sup>1/3</sup> /s)	Zone MOU 1	Zone MOU 2
Vitesse de transfert (km/h)	HE	25	0,75	0,73
		40	0,47	0,45
	BE		0,26	0,27
Temps max d'atteinte du captage (h)	HE	25	1h30	5h30
		40	2h30	9h
	BE		4h30	15h30

Tableau 19. Vitesses de transfert du Mro Oua Mouhogoni et temps d'atteinte au captage de Mouhogoni. Les valeurs de BE sont données pour les débits d'étiage (Tableau 18). Le détail des calculs en hautes eaux est présenté en Annexe 3.

Les résultats du calcul montrent qu'en hautes eaux, la limite de temps d'atteinte d'une heure est conscrète dans la zone MOU 1. Par précaution, la valeur retenue et représentée en Illustration 32 est la vitesse de transfert la plus rapide, à savoir 1h30 en hautes eaux et 5h30 en basses eaux.

#### 4.3.2. Calcul du temps d'atteinte du Mro Oua Tanabé en amont du captage de Mjihari

La section du Mro Oua Tanabé considérée s'étend de la base de la retenue collinaire de Dzoumogné au captage de Mjihari. De même que dans le cas de l'étude du bassin d'alimentation de la prise d'eau de l'Ourovéni (rapport BRGM/RP-57111-FR), le rôle de la retenue collinaire peut être considéré comme tampon en cas de pollutions chroniques, en raison des mécanismes de dispersion et de dilution.

Compte tenu de la faible distance et de l'unicité de la pente (cf. Illustration 5) entre ces deux ouvrages, il ne sera retenu qu'une seule zone : la zone TANA 1 dont les caractéristiques sont compilées ci-dessous.

	Longueur cumulée / drain (m)	Altitude de base (m NGM)	Largeur du lit (m)
ZONE TANA 1	1 916	15	4

Tableau 20. Caractéristiques de la zone comprise entre l'amont de la prise d'eau de Mjihari et la digue de la retenue collinaire pour détermination des vitesses de transfert

Un jaugeage a été réalisé sur un point de cette section le 23 octobre 2009, en basses eaux (cf. Tableau 21 et Illustration 31 pour les principaux résultats). Les détails des calculs sont présentés en Annexe 4.

	Zone	Coord X <sub>RGM04</sub>	Coord Y <sub>RGM04</sub>	Débit (L/s)	Vitesse de pointe (m/h)
Jaugeage 3	ZONE TANA 1	511 644	8 594 139	13 (+/- 1)	544

Tableau 21. Point de jaugeage et valeur du débit d'étiage du Mro Oua Tanabé en amont de la prise d'eau (23 octobre 2009)

La détermination des vitesses de transfert et des temps d'atteinte en HE et BE au captage de Mjihari sur la base des calculs de Manning Strickler et des jaugeages chimiques est donnée ci-dessous.

		Coefficient de Manning Strickler ( $m^{1/3}/s$ )	Zone TANA 1
Vitesses de transfert (km/h)	HE	25	1,6
		40	1
	BE		0,5
Temps max d'atteinte du captage (h)	HE	25	1h15
		40	2h
	BE		3h45

Tableau 22. Vitesses de transfert du Mro Oua Tanabé et temps d'atteinte au captage de Mjihari. Les valeurs de BE sont données pour les débits d'étiage (Tableau 21). Le détail des calculs en hautes eaux est présenté en Annexe 3.

Les résultats du calcul montrent qu'en conditions de hautes eaux, les temps de transfert de la masse d'eau entre la base de la retenue collinaire et le captage de Mjihari sont inférieurs ou égaux à 2 h (vitesses de transfert très élevées), qui est la limite de temps d'atteinte fixée dans le cas des bassins d'alimentation de surface supérieure à 6 km<sup>2</sup> (limite représentée en Illustration 32).

#### 4.3.3. Calcul du temps d'atteinte du Mro Oua Mapouéra en amont du captage de Mapouéra

Compte tenu du faible développement du Mro Oua Mapouéra en amont du captage et de l'unicité de la pente du cours d'eau entre le captage et l'altitude 200 m NGM – altitude au-delà de laquelle le cours d'eau n'est plus considéré comme pérenne (cf. Illustration 31), il ne sera retenu qu'une seule zone pour l'application de la formule de Manning Strickler : la zone MAP 1 dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau suivant.

	Longueur cumulée / drain (m)	Altitude de base (m NGM)	Largeur du lit (m)
ZONE MAP1	2 897	88	Entre 2 et 3

Tableau 23. Caractéristiques de la zone amont de la prise d'eau de Mapouéra pour détermination des vitesses de transfert

Un jaugeage (jaugage 4) a été réalisé en un point de cette zone le 23 octobre 2009. Les principaux résultats sont compilés dans le tableau suivant et les détails présents en Annexe 4.

	Zone	Coord $X_{RGM04}$	Coord $Y_{RGM04}$	Débit (L/s)	Vitesse de pointe (m/h)
Jaugeage 4	ZONE MAP1	510 469	8 594 238	18 (+/- 2)	450

Tableau 24. Point de jaugeage et valeur du débit d'étiage du Mro Oua Mapouéra en amont de la prise d'eau (23 octobre 2009)

La détermination des vitesses de transfert et des temps d'atteinte en HE et BE au captage de Mapouéra, sur la base des calculs de Manning Strickler et des jaugeages chimiques, est donnée ci-dessous.

		Coefficient de Manning Strickler ( $m^{1/3}/s$ )	Zone MAP 1
Vitesses de transfert (km/h)	HE	25	1,2
		40	0,8
	BE		0,45
Temps max d'atteinte du captage (h)	HE	25	1h30
		40	2h30
	BE		6h30

Tableau 25. Vitesses de transfert du Mro Oua Mapouéra et temps d'atteinte au captage de Mapouéra. Les valeurs de BE sont données pour les débits d'étiage (Tableau 24). Le détail des calculs en hautes eaux est présenté en Annexe 3.

Les résultats du calcul montrent que les vitesses de transfert sont relativement élevées, que ce soit en hautes ou basses eaux. Par conséquent, la limite de temps d'atteinte d'une heure est repoussée assez haut en amont (jusqu'à la côte de 165 m NGM pour la limite en hautes eaux). Ces limites sont portées en Illustration 32.

#### 4.3.4. Calcul du temps d'atteinte du Mro Oua Mahojani en amont du captage de Mahojani

Compte tenu du faible développement du Mro Oua Mahojani en amont du captage et de l'unicité relative de la pente du cours d'eau entre le captage et l'altitude 170 m NGM – altitude au-delà de laquelle le cours d'eau n'est plus considéré comme pérenne (cf. Illustration 31), il ne sera retenu qu'une seule zone pour l'application de la formule de Manning Strickler : la zone MAH 1 dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau suivant. La zone MAH 1 est très comparable à la zone MAP 1.

	Longueur cumulée / drain (m)	Altitude de base (m NGM)	Largeur du lit (m)
ZONE MAH 1	2 460	100	Entre 1 et 2

Tableau 26. Caractéristiques de la zone amont de la prise d'eau de Mahojani pour détermination des vitesses de transfert

Un jaugeage (jaugeage 5) a été réalisé en un point de cette zone le 23 octobre 2009. Les principaux résultats sont compilés dans le tableau suivant et les détails présents en Annexe 4.

	Zone	Coord $X_{RGM04}$	Coord $Y_{RGM04}$	Débit (L/s)	Vitesse de pointe (m/h)
Jaugeage 5	ZONE MAH 1	510 501	8 593 601	1 (+/- 0,1)	80

Tableau 27. Point de jaugeage et valeur du débit d'étiage du Mro Oua Mahojani en amont de la prise d'eau (23 octobre 2009)

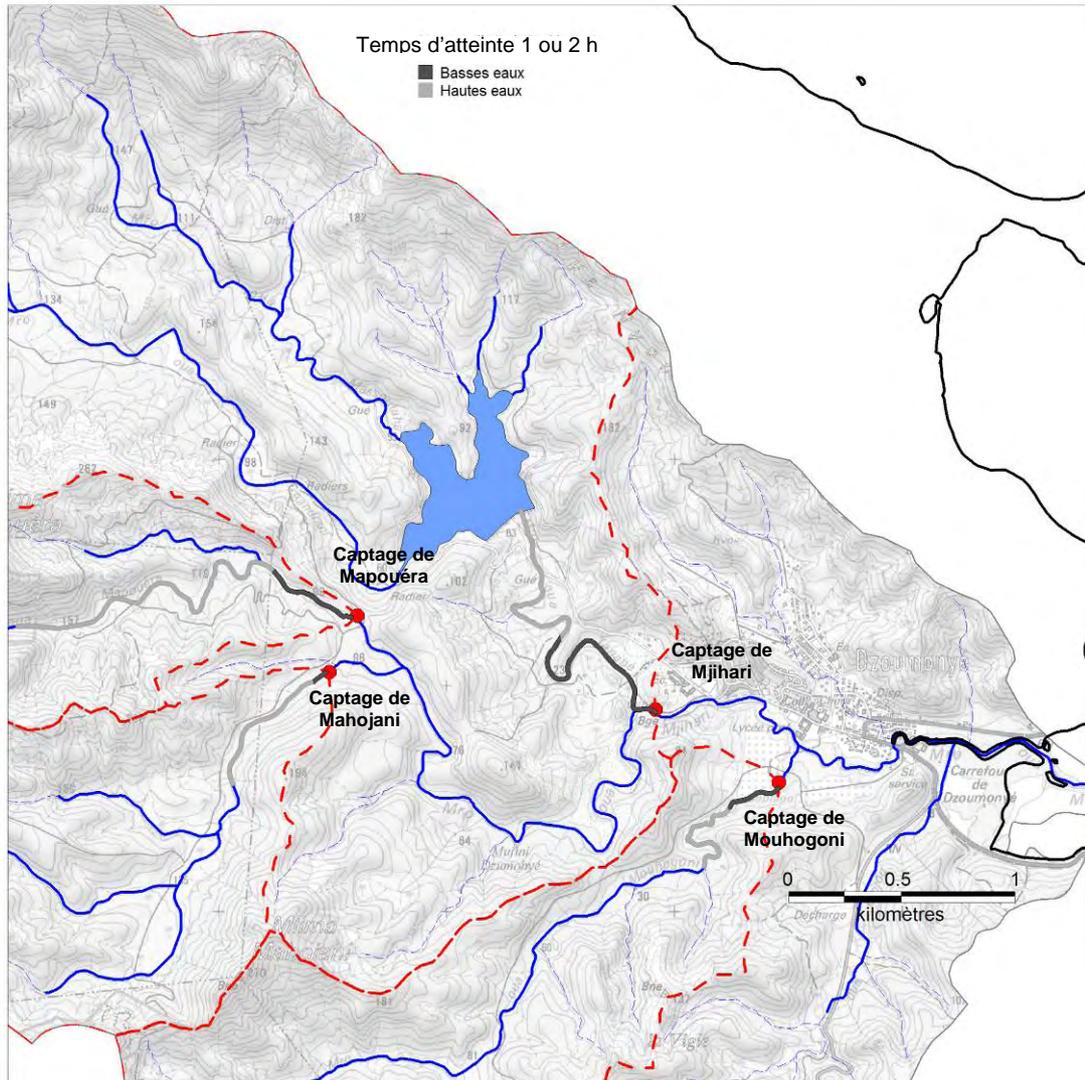
La détermination des vitesses de transfert et des temps d'atteinte en hautes et basses eaux au captage de Mahojani, sur la base des calculs de Manning Strickler et des jaugeages chimiques, est donnée ci-dessous.

		Coefficient de Manning Strickler (m <sup>1/3</sup> /s)	Zone MAH 1
Vitesses de transfert (km/h)	HE	25	0,56
		40	0,35
	BE		0,08
Temps max d'atteinte du captage (h)	HE	25	3h30
		40	5h30
	BE		31h

*Tableau 28. Vitesses de transfert du Mro Oua Mahojani et temps d'atteinte au captage de Mahojani. Les valeurs de BE sont données pour les débits d'étiage du Tableau 27. Le détail des calculs en hautes eaux est présenté en Annexe 3.*

Les calculs de temps de transfert montrent que les eaux du Mro Oua Mahojani se déplacent moins rapidement que celles du Mro Oua Mapouéra alors que ces deux cours d'eau sont d'orientation et de développement presque comparables. En revanche, les débits d'étiage du Mro Oua Mahojani sont beaucoup plus faibles, ce qui sous entend que le soutien de la nappe est moins important dans ce bassin que dans celui du Mro Oua Mapouéra.

Les limites de temps d'atteinte d'une heure en hautes et basses eaux ne remontent pas très haut en amont de la prise d'eau (Illustration 32). Le Mro Oua Mahojani concourt donc moins à la propagation d'une pollution que les Mro Oua Mapouéra et Mahojani, surtout en basses eaux quand le captage n'est plus exploité.



*Illustration 32. Limites des temps d'atteinte aux captages en hautes eaux et en basses eaux. Ces limites sont fixées à 1 h pour les captages de Mouhogoni, Mapouéra et Mahojani et à 2 h pour le captage de Mjihari.*



## 5. Caractérisation des pressions

### 5.1. INVENTAIRE DES PRESSIONS EXISTANTES SUR LE BASSIN VERSANT DU MRO OUA MARE

#### 5.1.1. Pressions urbaines : déchets / assainissement / lessives / pêches

Le bassin versant du Mro Oua Maré accueille le village de Dzoumogné à l'exutoire du bassin versant. L'évolution de la population de ce village est donnée dans le Tableau 29. Le village représente moins de 2 % de la population de l'île.

Village	1997	2002	2007
Dzoumogné-	1 866	2 517	3 586

Tableau 29 - Population du village de Dzoumogné (chiffres INSEE 2007)

Le village de Dzoumogné montre une croissance très rapide (+5,5 %/an) conjuguée à un développement important des infrastructures (nouveau collège, nouvel hôpital). Il est important de remarquer par ailleurs que les aménagements les plus récents (cas de l'hôpital par exemple) sont réalisés sur la piste de la retenue collinaire de Dzoumogné. L'urbanisme se développe en altitude.

Sept mini stations d'épuration ont été mises en place dans le village de Dzoumogné : ces stations se répartissent le long de la route traversant le village. Les observations réalisées par la DAF lors de l'inventaire général des systèmes d'assainissement ont montré que plus de la moitié de ces stations présentaient des dysfonctionnements, l'autre moitié manquait soit d'informations pour être appréciées soit était en travaux (DAF 2008). En fonction du mode de fonctionnement, la pression est jugée moyenne à forte.

Les observations réalisées lors des reconnaissances de terrain ont montré que les radiers pouvaient être assimilés à des pressions fortes compte tenu des activités qui y sont opérées.

Les photographies suivantes illustrent quelques unes de ces pressions.



Brgm©

*Illustration 33. Le captage de Mouhogoni est utilisé pour les lessives domestiques (à mettre en relation avec l'illustration 17, photographie BRGM du 19 octobre 2009).*



Brgm©

*Illustration 34. Le captage de Mjihari (Dzoumogné) est souvent utilisé pour les lessives domestiques et nombre de déchets ménagers demeurent sur place (photographie BRGM du 19 octobre 2009).*

*Illustration 35. Exemple de décharge sauvage de matériaux inertes au bord du captage de Mjihari (Dzoumogné) auxquels sont mêlés aussi des déchets domestiques (photographie BRGM du 19 octobre 2009)*



Brgm©



Brgm©

*Illustration 36. Décharge sauvage sur la piste de la retenue collinaire de Dzoumogné. Point 25 de l'illustration 15. Les déchets sont pour la plupart des matériaux inertes : béton, ferrailles, gravats, etc. (photographie BRGM du 19 octobre 2009).*



Brgm©

*Illustration 37. Décharge sauvage sur la piste de la retenue collinaire de Dzoumogné. Point 26 de l'illustration 15. Les déchets sont hétérogènes et sont brûlés régulièrement (photographie BRGM du 19 octobre 2009)*



*Illustration 38. Lavage de véhicules au niveau du radier de la piste de la retenue collinaire de Dzoumogné (photographie du Conseil Général de Mayotte – Direction de l'Environnement et du Développement Durable, 19 août 2007)*

Il semblerait aussi que le bas de la retenue collinaire (ouvrage d'exhaure des eaux) soit un endroit très apprécié pour la pratique des lessives (observations du 23 octobre 2009). Conformément aux principes du guide méthodologique (Malard et al. 2009,

BRGM/RP-57299-FR) les réseaux routiers et zones urbaines sont considérés comme pressions moyennes.

### 5.1.2. Pressions agricoles

Comme rappelé dans le rapport définissant la méthodologie de caractérisation des BAC à Mayotte (Malard, 2009), l'agriculture à Mayotte n'est pas consommatrice de grandes quantités d'engrais et de produits phytosanitaires.

Les risques liés aux pratiques agricoles concernent surtout la mobilisation des sols, le ravinement et l'accélération de l'érosion des terres arables suite aux aménagements, labours et pratiques de déforestation.

En ce qui concerne le bassin versant du Mro Oua Maré, les activités agricoles se concentrent essentiellement :

- dans la vallée du Mro Oua Mouhogoni, à la sortie Sud du village de Dzoumogné. Les cultures présentes sont maraichères ;
- dans la vallée du Mro Oua Tanabé, en remontant vers la retenue collinaire de Dzoumogné. Les cultures observées sont des plants de bananiers et de maniocs ;
- plus en amont, dans les vallées des Mro Oua Bandrani et Massoulana. Les cultures se composent de plants de maniocs, bananiers et maïs à l'occasion.

### 5.1.3. Pressions industrielles

A la lecture de l'inventaire des sites industriels et des activités de service de la Collectivité Départementale de Mayotte (rapport BRGM/RP-52906-FR), il s'avère que 3 sites ont été recensés sur le bassin versant du Mro Oua Maré :

- la station service TOTAL Mayotte du carrefour de Dzoumogné ;
- l'ancienne usine sucrière située sur le chemin du dispensaire, à côté du collège ;
- la décharge de déchets ménagers qui collecte tout le Nord-est de Grande-Terre ;

Désignation	Code Naf	Groupe SEI	X <sub>RGM04</sub>	Y <sub>RGM04</sub>
Station service	G50.5	1	513 474	8 593 137
Sucrieries	DA15.8	3	513 072	8 593 413
Décharge	O90.0	1	513 246	8 592 584

Tableau 30. Sites industriels et activités de service du bassin versant du Mro Oua Maré (extrait du rapport BRGM/RP-52906-FR, Malard et al. 2009)

La station service et la décharge sont encore en activité en 2009. L'usine sucrière a fermé ses portes il y a déjà quelques années et n'est à l'heure actuelle plus considérée comme une pression.

Les deux sites en activité sont classés en groupe SEI 1, c'est-à-dire qu'ils sont synonymes de pressions fortes et doivent être cartographiés comme tels à l'échelle du bassin versant (cf. rapport BRGM/RP-57299-FR, Malard et al. 2009).

Toutefois, ces deux sites sont à l'extérieur des périmètres des différents BAC et ne constituent *a priori* pas un risque pour la qualité des ressources en eau souterraine ou de surface destinées à l'alimentation.

#### **5.1.4. Risques naturels**

A la lecture des atlas des aléas naturels des communes de M'tsamboro (BRGM/RP-53194-FR, Audru et al. 2004) et Bandraboua (BRGM/RP-53116-FR, Audru et al. 2004), les risques encourus par les ouvrages d'eau du bassin et pouvant nuire à leur fonctionnement sont de deux types : les mouvements de terrain et les inondations.

Les prises d'eau de surface de Mjihari, Mouhogoni et le forage de Mouhogoni sont exemptes de risques de type glissement de terrain. Les captages de Mapouéra et Mahojani – plus en altitude – sont exposés à un aléa moyen à dominante de glissement accompagné de chutes de blocs.

En ce qui concerne les inondations, seuls les captages de Mjihari, de Mouhogoni et le forage de Mouhogoni sont exposés à un aléa inondation défini comme moyen.

Les ouvrages d'eau du bassin versant du Mro Oua Maré sont donc peu inquiétés par les risques de dégradation de la ressource ou de l'ouvrage dus aux aléas naturels.

## 5.2. CARTOGRAPHIE DES PRESSIONS

La synthèse des informations précédentes et des reconnaissances de terrain a permis de dresser la carte suivante des pressions exercées sur le bassin versant du Mro Oua Maré. Il est important de souligner ici que cette carte n'est pas figée mais évolutive compte tenu du développement démographique et structurel rapide du bassin.

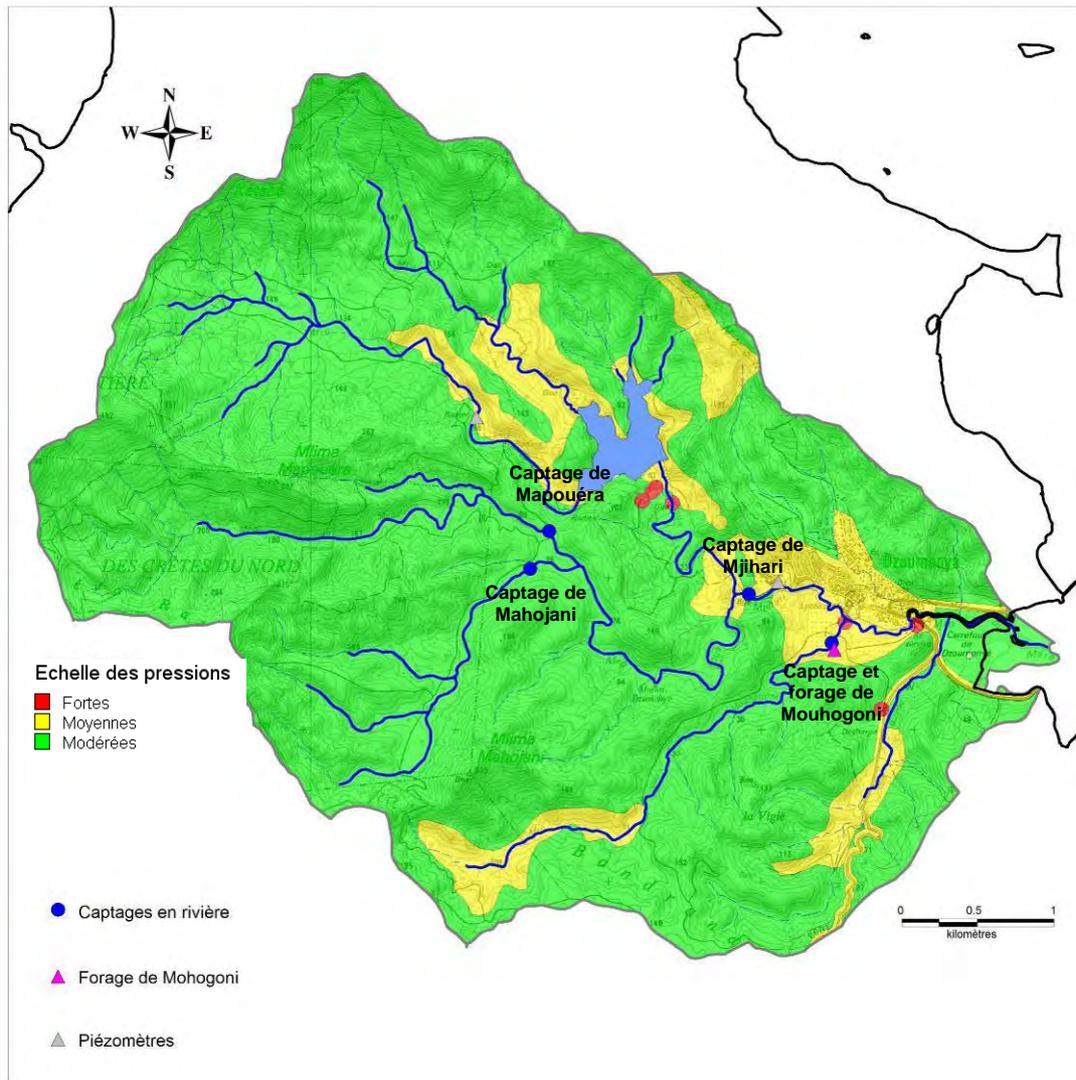


Illustration 39. Carte des pressions exercées sur le bassin versant du Mro Oua Maré (octobre 2009)

Plus de 80 % de la surface du bassin versant ne montrent pas de pressions significatives. Cela concerne notamment tout le bassin versant du Mro Oua Mapouéra (Mro Oua Mahojani y compris).

Les pressions moyennes sont recensées surtout dans les fonds de vallées des Mro Oua Bandrani, Massoulana, Bizijnou, Tanabé et Mouhogoni (dans la partie amont) et correspondent aux polycultures vivrières intensives les plus permanentes (les cultures de versants sont régulièrement alternées, ce qui rend délicate leur traçabilité).

Le village de Dzoumogné ainsi que le réseau routier du bassin sont tous deux considérés comme des pressions moyennes (cf. arguments dans le rapport méthodologique BRGM/RP-57299-FR).

Les pressions les plus fortes demeurent les deux sites à risques que sont la station service du carrefour de Dzoumogné et la décharge de déchets ménagers du Nord. A ces pressions s'ajoutent les radiers identifiés comme des pressions fortes (lavages de véhicules et lessives) et les décharges – notamment celles qui sont en bordure de piste et alimentées régulièrement. Ces pressions fortes se répartissent surtout au niveau du village de Dzoumogné, le long du Mro Oua Tanabé, et ce jusqu'à la retenue collinaire, ainsi que le long du Mro Oua Bizijnou (principalement en raison de la décharge).



## 6. Evaluation du risque de pollution des bassins d'alimentation de captages du bassin versant du Mro Oua Maré

La mise en relation des informations de vulnérabilité et de pressions à l'échelle du ou des bassin(s) d'alimentation de captage donne la carte de croisement qui permet l'évaluation qualitative du risque (voire du degré de risque) encouru par la ressource en eau (souterraine ou de surface) captée pour l'alimentation. Ces cartes de croisement sont présentées ci-après à l'échelle des BAC.

### 6.1. CARTE DE CROISEMENT VULNERABILITE / PRESSION DU BASSIN D'ALIMENTATION DU FORAGE DE MOHOGONI

La mise en relation des informations de vulnérabilité (indice IDPR) et de pressions relatives aux eaux souterraines permet d'obtenir la carte de croisement suivante pour le BAC du forage de Mohogoni.

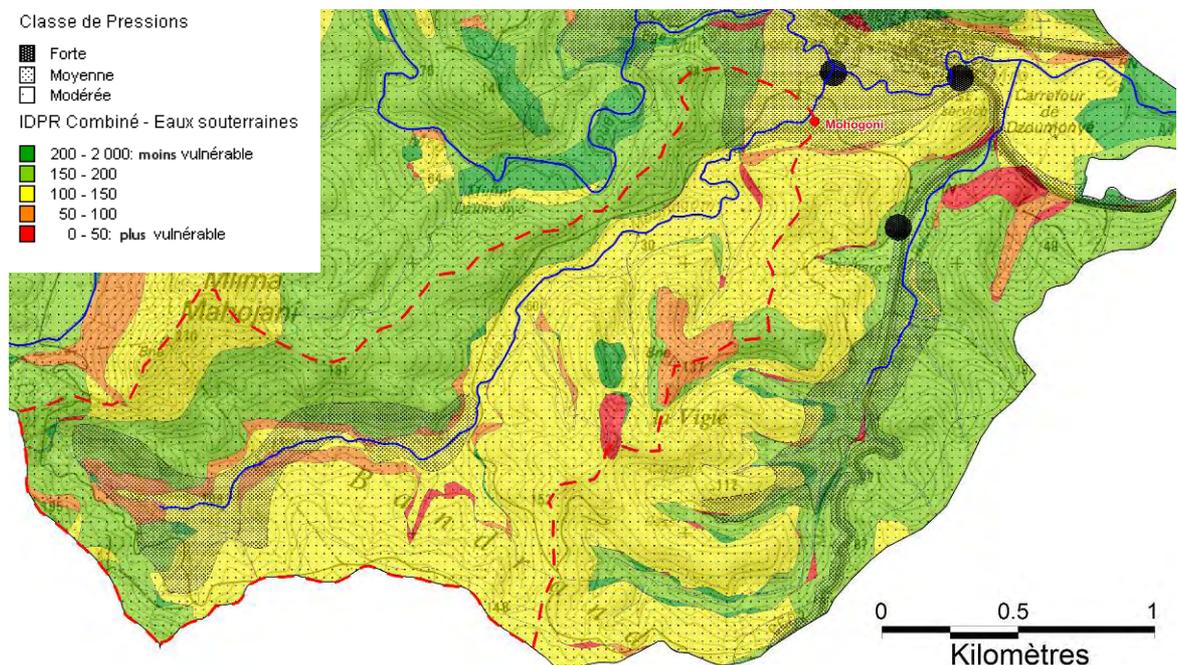


Illustration 40. Carte de croisement des informations de vulnérabilité et de pressions vis-à-vis du bassin d'alimentation du forage de Mohogoni

A la lecture de la carte, il apparaît qu'il n'existe aucune pression considérée comme forte dans l'enceinte du bassin d'alimentation. Deux zones de pressions moyennes sont à signaler : une en amont du bassin occupe le fond de vallée et se développe le

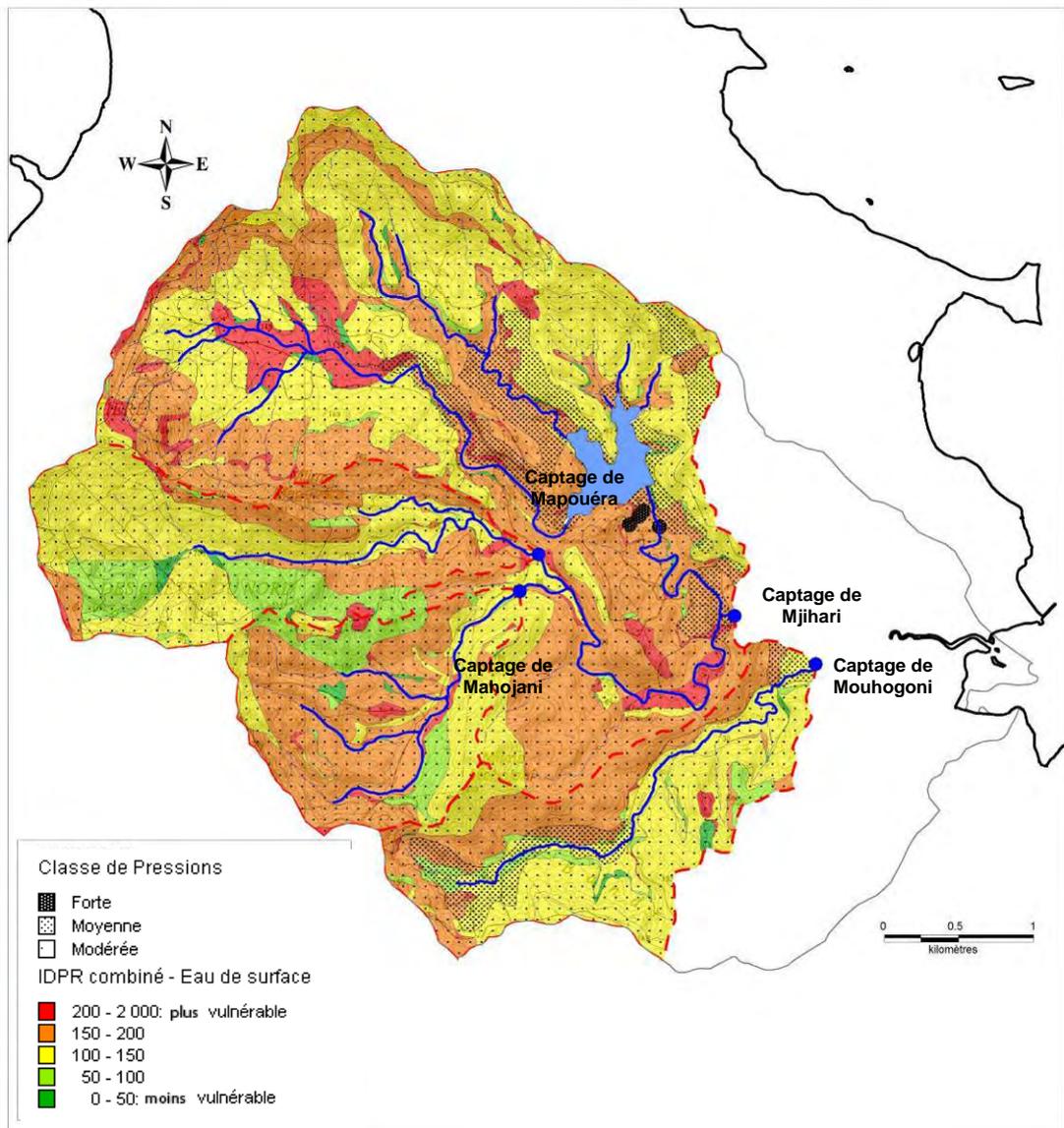
long du cours d'eau, il s'agit principalement de parcelles d'agriculture vivrière et une en aval, qui se développe autour de la zone de forage. Là aussi, il s'agit essentiellement des cultures vivrières de manioc, bananes et quelques maraichages. Ces pressions doivent être considérées dans la mesure où elles sont proches du cours d'eau et donc susceptibles d'atteindre les zones d'alimentation de la nappe.

Compte tenu de l'artésianisme des niveaux aquifères et du fait qu'ils sont semi captifs à captifs, les pressions les plus immédiates ne sont pas les plus susceptibles de dégrader la ressource au niveau du forage. L'attention doit être portée davantage sur les pressions en amont direct de la nappe, c'est-à-dire au dessus de l'altitude de 12 m NGM.

Globalement, compte tenu des valeurs de l'indice IDPR et du faible volume de pressions exercées sur le bassin, le risque actuel de dégradation de la qualité des eaux souterraines est faible.

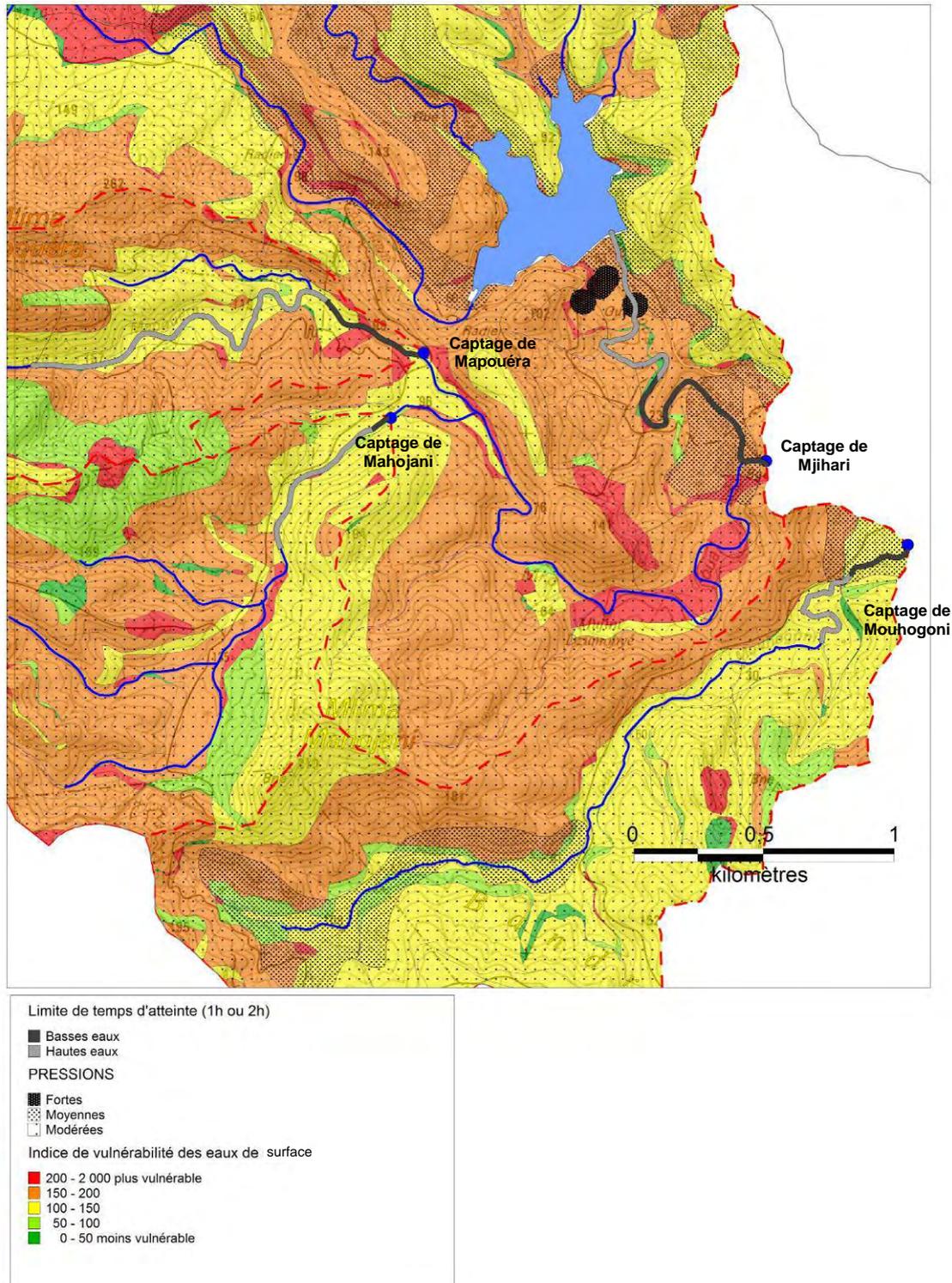
Il faut toutefois garder à l'esprit que les modalités de fonctionnement de cet aquifère restent encore méconnues et que certains paramètres peuvent avoir un impact sensible sur le degré de vulnérabilité de la ressource et augmenter le risque de dégradation de sa qualité. La présence de paramètres bactériologiques dans le forage témoigne visiblement d'une contamination, donc d'un risque existant qui n'a cependant pas pu être mis en évidence ici.

## 6.2. CARTE DE CROISEMENT VULNERABILITE / PRESSION DES BAC DE SURFACE



*Illustration 41. Carte de croisement des informations de vulnérabilité et de pressions vis-à-vis des bassins d'alimentation des captages de surface du bassin versant du Mro Oua Maré (délimitation en tirets rouges pour les BAC. Les captages sont les points bleus).*

La limite de temps d'atteinte hautes eaux et basses eaux est rajoutée sur l'illustration précédente avec l'objectif de renforcer la notion de vulnérabilité des captages de surface (cf. Illustration 32).



*Illustration 42. Les limites de temps d'atteinte sont rajoutées sur la carte de croisement. La limite de temps d'atteinte est fixée à 1 h (hautes et basses eaux) pour les BAC de Mapouéra, Mahojani et Mouhogoni et à 2 h (hautes et basses eaux) pour le BAC de Mjihari*

La mise en commun des informations de vulnérabilité et de pressions du bassin d'alimentation de surface montrent :

**En ce qui concerne le bassin d'alimentation du captage de Mouhogoni.** Il n'existe pas de pressions fortes dans l'enceinte du BAC. Les pressions les plus significatives sont les cultures vivrières et - dans une moindre mesure - maraichères qui se développent à proximité immédiate du captage ainsi que les lessives et dépôts d'ordures ménagères qui se concentrent directement sur le captage. Ces deux dernières pressions sont les plus significatives du bassin et celles qui nuisent le plus à la ressource.

Le calcul des temps d'atteinte montre que la limite - fixée ici à 1 h – s'étend au-delà en amont des zones cultivées, en hautes eaux, mais aussi en basses eaux et est donc intégralement comprise dans la zone de pression moyenne.

Ces observations montrent que le captage de Mouhogoni est soumis à une pression directement exercée sur l'ouvrage ou à proximité immédiate. Le reste du bassin d'alimentation ne fait pas état de risques particuliers. **En ce qui concerne le bassin d'alimentation du captage de Mjihari.** Le captage de Mjihari est sans conteste l'ouvrage le plus exposé du bassin versant. Sa proximité avec le village de Dzoumogné et la présence de radiers carrossables en amont constituent des facteurs de risques évidents. Non seulement les lessives et dépôts d'ordures se développent directement sur l'ouvrage mais la présence de radiers favorise aussi le lavage de véhicules. Par ailleurs, ces activités se situent dans la limite des temps d'atteinte en hautes eaux et basses eaux, fixée ici à 2 h.

En amont de la retenue collinaire, le risque n'a pas été considéré étant donné le rôle protecteur que joue la retenue en cas de pollution.

**En ce qui concerne les bassins d'alimentation des captages de Mapouéra et de Mahojani.** Il n'y a pas de pressions inventoriées en amont des ouvrages. Le risque de dégradation de la qualité de l'eau peut donc être considéré comme négligeable, même si – dans les deux cas - le degré de vulnérabilité est significatif et que la limite de temps d'atteinte (fixée à 1 h) remonte assez haut dans le bassin (comparativement au cas de Mouhogoni par exemple).



## 7. Recommandations

Les résultats de l'étude relative aux BACs du bassin versant du Mro Oua Maré ont mis en évidence la nécessité d'un programme d'action à mettre en place dans le souci de préservation de la ressource en eau des 4 BACs de surface et du BAC du forage de Mohogoni. Les recommandations relatives à ce programme d'actions sont les suivantes :

- **Renforcer le suivi de la qualité des eaux**, notamment les substances phytosanitaires révélatrices des dégradations environnementales. A l'heure actuelle, l'absence de données de qualité des eaux régulières et complètes est un réel handicap dans la caractérisation de la qualité des eaux, la mise en évidence de pollutions chroniques ou diffuses (ces données seront indispensables dans les réflexions futures relatives à la protection de ces ressources, notamment à travers la mise en place des plans d'action qui accompagneront les futurs périmètres de protection). Il est nécessaire de vérifier la présence de paramètres bactériologiques dans les eaux souterraines captées au forage de Mohogoni. Des analyses complètes, comportant la quantification des paramètres de type HAP, COV, etc. sont souhaitées.
- **Assurer le suivi quantitatif de la ressource**. Il est nécessaire que chacun des captages de surface soit instrumenté d'un débitmètre individuel (Mapouéra, Mahojani, Mohogoni et Mjihari). Cette nécessité se fait particulièrement ressentir au niveau de ce bassin versant, où les ouvrages d'eau sont nombreux, ceci afin de comparer au mieux la part d'eau transitant en surface avec la part d'eau prélevée au niveau des captages de surface et d'évaluer ainsi les conséquences sur la pérennité de la ressource.
- **Respecter le débit minimum biologique<sup>15</sup>**, dans le souci de la restauration de la ressource et de la préservation des peuplements. Le détournement des cours d'eau du Mro Oua Mapouéra et du Mro Oua Mahojani en direction de la retenue collinaire de Dzoumogné doit s'accompagner de mesures de préservation de l'activité hydrologique du cours d'eau abandonné ;
- **Réaliser des études hydrogéologiques complémentaires** portant sur :
  - La précision des géométries des aires d'alimentation du forage de Mohogoni et si possible des mécanismes de fonctionnement hydrogéologiques. La mise en exploitation de la nappe (=rabattement induit par le pompage) rend cette tâche délicate ;

---

<sup>15</sup> La notion de débit réservé est apparue dans la loi « pêche » du 29 juin 1984. Celle-ci spécifie qu'à l'aval de tout prélèvement ou dérivation, un débit minimum garantissant la reproduction et la vie du poisson, doit être laissé. Ce débit ne peut être inférieur au dixième du débit moyen interannuel (module) pour les ouvrages nouveaux et au quarantième du module pour les ouvrages antérieurs à la loi. A Mayotte, les études relatives au Débits Minimums Biologiques ont été délivrées à la DAF au second semestre 2009.

- La réalisation d'un piézomètre de surveillance sur le modèle du piézomètre de Dzoumogné (vandalisé en 2004) permettrait de surveiller l'évolution des ressources aquifères en aval de la retenue collinaire. L'absence d'un tel piézomètre est un handicap dans la compréhension des phénomènes hydrologiques et hydrogéologiques du bassin.
- Des tests de perméabilité couplés avec des traçages permettant de rattacher des valeurs physiques d'infiltrabilité aux indices IDPR & rugosité, et ce en fonction des formations lithologiques et/ou pédologiques concernées (tests d'absorption, etc.). Des traçages (isotopes, etc.) permettraient d'apprécier les vitesses de transfert des eaux souterraines vers le forage de Mohogoni et vérifier la pertinence d'une alimentation plurielle (pluies et pertes des eaux de surface et présence de plusieurs niveaux aquifères). La vérification de ces mécanismes est une donnée essentielle pour la bonne détermination des périmètres de protection.
- Des traçages en rivières permettraient de vérifier les vitesses de transfert de polluant d'une section donnée à la prise d'eau. Enfin ils pourraient permettre de confirmer les zones de pertes du cours d'eau en amont des forages.
- **Réglementer et surveiller les pratiques** d'assainissement, d'agriculture, d'élevages et de lavages (véhicules et lessives) dans les parties hautes du bassin versant, surtout en amont de la prise d'eau de Mjihari. A l'heure actuelle, les pressions sont modérées et il est important de veiller à ce qu'elles le restent ;
- Plus largement – et ce constat sera applicable à l'ensemble des bassins versants de Mayotte lors de l'instauration des périmètres de protection – **mettre en place des plans d'actions spécifiques** portant sur des fondamentaux comme : l'information et la sensibilisation de la population riveraine à la protection de la ressource, le développement de mesures agro-environnementales, l'alternative à la lessive en rivière, les moyens de surveillance de la ressource et des pratiques, etc.

La finalité de cette étude est de proposer un support de travail et d'informations à l'échelle du bassin versant et des BAC afin de procéder, dans des délais raisonnables, aux études hydrogéologiques complémentaires - captage par captage – qui initieront l'instauration des périmètres de protection. Ces travaux devraient aboutir à des recommandations plus complètes et plus spécifiques dans les années 2010/2011.

## 8. Conclusion

Dans le cadre de la convention de recherche et développement partagés SIEAM/BRGM du 24 avril 2009, les délimitations des bassins d'alimentation des 4 captages de surface du bassin versant du Mro Oua Maré et du forage de Mohogoni ont été établies sur la base des principes méthodologiques du rapport BRGM/RP-57299-FR (Malard et al., 2009).

Le bassin versant du Mro Oua Maré est un des bassins les plus importants de Mayotte en termes de superficie mais aussi de nombres d'ouvrages d'eau (4 captages et 1 forage) et en raison de la présence de la retenue collinaire de Dzoumogné.

Géologiquement, le bassin se développe à l'interface entre les formations basaltiques Mio-Pliocène de l'édifice septentrional à l'Ouest (basanites et basaltes ankaramitiques) et les formations basaltiques récentes Pléistocène à l'Est (séries différenciées des trachytes et andésites du Mlima Digo). Les réseaux hydrologiques sont conditionnés par des grandes lignes de fractures N120/N150 et N60/N80.

L'altitude moyenne relativement élevée (146 m NGM) du bassin implique des précipitations efficaces assez élevées (878 mm soit plus de 50 % des précipitations annuelles moyennes). Les études précédentes font état d'un potentiel hydrologique et hydrogéologique important à l'échelle du bassin versant comme en témoignent sa taille et sa géométrie (indice de Gravelius), la structuration géologique, et les débits spécifiques d'étiage importants.

Les bassins d'alimentation des 4 prises d'eau englobent l'intégralité du bassin versant de surface en amont de ces prises d'eau et le BAC de la prise d'eau en rivière de Mouhogoni et du forage de Mohogoni sont communs – du fait de leur proximité et des mécanismes d'alimentation communs. Le forage de Mohogoni –captif et artésien jaillissant - est en partie - alimenté *via* les pertes de la rivière en amont (au dessus de 12 m NGM) mais aussi par les précipitations.

Les résultats du calcul IDPR montrent que le bassin versant du Mro Oua Maré est plus enclin au ruissellement qu'à l'infiltration. Par conséquent – et ce constat est assez général à l'échelle des bassins d'alimentation – le degré de vulnérabilité des captages de surface est sensiblement plus élevé que sur d'autres bassins versants de l'île. A l'inverse, le degré de vulnérabilité du forage de Mohogoni estimé par l'IDPR est plutôt faible. Mais cette dernière observation est à nuancer dans le sens où d'autres paramètres tels que la présence de germes bactériologiques dans les eaux souterraines captées et la rapidité de réponse des niveaux piézométriques aux fluctuations hydrologiques du Mro Oua Mouhogoni supposent des alimentations plus rapides. Un schéma avec des alimentations plurielles pourrait alors être envisagé.

En ce qui concerne l'inventaire et la caractérisation des pressions s'exerçant sur les bassins d'alimentation, il apparaît qu'elles sont plutôt faibles en volume et peu fortes en

nature. Les bassins d'alimentation des captages de Mapouéra et de Mahojani sont exempts de pression. A l'inverse, les bassins d'alimentation des captages de Mouhogoni et Mjihari sont relativement exposés en termes de risque, en raison notamment des activités de lessives exercées directement sur les ouvrages, mais aussi des lavages de véhicules au niveau du radier menant à la retenue collinaire, des décharges sauvages et des cultures. Il apparaît manifeste sur les bassins d'alimentation que les pressions les plus importantes se développent toujours à proximité de l'ouvrage, voire sur l'ouvrage lui-même.

Finalement, le risque s'exerçant sur les bassins d'alimentation des captages de Mjihari et Mouhogoni est suffisamment élevé pour ne pas garantir la sécurité de la ressource vis-à-vis des pressions extérieures existantes. Le développement de l'urbanisation, l'amélioration de l'accès en véhicule à la retenue collinaire, mais surtout le développement des pratiques agricoles et des aménagements, et enfin la non réglementation des lessives en rivière, sont les facteurs essentiels pouvant conduire à court terme à une dégradation conséquente de la ressource captée.

Les recommandations portent à la fois (i) sur la surveillance de la ressource, c.à.d. le renforcement du suivi de la qualité des eaux (notamment les paramètres bactériologiques, mais aussi les produits phytosanitaires) et de la quantité des prélèvements (mesure des prélèvements, notamment au niveau des 4 prises d'eau en rivière), (ii) sur la surveillance et la réglementation des pratiques en vigueur sur les BAC (pratiques agricoles, lessives, etc.) et (iii) sur la mise en place de plans d'actions portant sur la sensibilisation des riverains à propos de la protection de la ressource en eau, le développement de mesures agro-environnementales et de mesures alternatives à la lessive en rivière.

La suite de ce constat conduit logiquement à la réalisation d'études hydrogéologiques complémentaires captage par captage en vue de l'instauration des périmètres de protection, à savoir un programme envisagé sur les années 2010/2011.

## 9. Références bibliographiques

Annexe 1, §I-2, au décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exception des eaux minérales naturelles.

Ballestracci R. Nougier J., Benderitter Y. (1985) – Intermediate pattern and hydrodynamic process deduced from AMT investigations on the volcanic island of Mayotte (Comores Archipelago) – *Tectonophysics*, vol. 115, pp 45-60.

BRGM (2001) – Caractéristiques physiques et chimiques de cinq rivières et de leurs bassins versants sur Grande-Terre, île de Mayotte – Etablissement d'un état des lieux vis-à-vis des facteurs de pollution. Rapport BRGM/RC-50355-FR -2001 MAY 05, 68 p., 40 figs, 20 tab., 4 annexes.

Brugeron A., Malard A., coll. Mougin B. et Wuilleumier A. (2009) - Etude des bassins d'alimentation des 4 captages du bassin versant du Mro Oua Kwalé – Mayotte – BRGM/RP-57621-FR, 153 p., 55 ill., 22 tab., 7 ann.

DAF de Mayotte (2008) – Etats général des systèmes d'assainissement collectifs et semi-collectifs de Mayotte.

Eberschweiler C. (1986) – Etude hydrologique, hydrochimique et géochimie isotopique d'une île volcanique sous climat tropical humide : Mayotte – Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle, Paris XI – Orsay, 295 p.

J-C. Audru, B. Auber, J-F. Desprats, G. Eucher, O. Jossot, C. Mathon, J-L. Nédellec, O. Sedan et N. Zornette, avec la collaboration de S. Guillobez (Cirad), de P. Daniel et de B. Haie (Météo-France), 2004 – Atlas des aléas naturels à Mayotte, communes de Mtsamboro, Acoua et Matsangamouji. Rapport BRGM/RP-53194-FR, 98 p., 78 figures ou photos, 3 tableaux, 36 cartes et 8 annexes.

J-C. Audru, B. Auber, J-F. Desprats, N. Frissant, O. Jossot, C. Mathon, D. Moiriat, J-L. Nédellec, O. Sedan et N. Zornette, avec la collaboration de S. Guillobez (Cirad), de P. Daniel et de B. Haie (Météo-France), 2004 – Atlas des aléas naturels à Mayotte, communes de Bandraboua et Tsingoni. Rapport BRGM/RP-53116-FR, 90 p., 65 figures ou photos, 4 tableaux, 30 cartes et 8 annexes.

Jourdain T., Maurillon N. et Mouron R. (2002) – Approche géologique et hydrogéologique des ensembles volcaniques de Grande-Terre (Ile de Mayotte). Rap. BRGM/RP-52193-FR – 2002 MAYOTTE 04, 80 p., 17 fig., 8 tab., 5 ann.

Lapègue J. (1999) – Aspects quantitatifs et qualitatifs de la pluviométrie dans deux enjeux majeurs de la problématique de l'eau à Mayotte. Thèse de l'Université de la Réunion.

Malard A., Winckel A. (2008) – Définition des réseaux de surveillance DCE de la qualité des eaux souterraines, de surface et côtières de Mayotte – BRGM/RP-56774-FR, 218 p., 48 ill., 9 ann.

Malard A., avec la collaboration de A. Bourhane (2009) – Modalités d'exploitation et de protection de l'aquifère de Kawéni – Année 4 – BRGM/RP-57385-FR (Rapport à paraître).

Malard A. (2009) - Programme de surveillance des eaux souterraines de Mayotte - Campagne 2008/2009 – piézomètre 12302X0026/PZ1 (Dzoumogné 2). BRGM/RP-56779-FR, 56 p., 8 ill., 3 tab et 5 ann.

Malard A. avec la collaboration de B. Aunay, J.F. Vernoux et V. Mardhel (2009) – Définition d'une méthodologie commune aux études des bassins d'alimentation de captages à Mayotte. Principes de délimitation des bassins et de caractérisation de la vulnérabilité des captages – BRGM/RP-57299-FR, 146 p., 34 ill., 12 tab., 5 eq, 6 ann.

Malard A., avec la collaboration de Brugeron A., Mougins B. et Wuilleumier A. (2009) - Etude du bassin d'alimentation du forage de Béja 1 (12306X0014/BEJA1) - bassin versant du Mroni Béja – Mayotte – BRGM/RP-57619-FR. 72 p., 23 ill., 7 tab. et 2 ann.

Mauroux B. (1992) - Programme des forages de reconnaissance des eaux souterraines à Mayotte – Campagne 1991-1992 – BRGM 35165 REU 4S 92

Mougins B., Malard A., avec la collaboration de Brugeron A., Wuilleumier A. (2009) - Etude des bassins d'alimentation des 2 captages du bassin versant du Mro Oua Andrianabé – Mayotte – BRGM/RP-57618-FR. 101 p., 28 ill., 13 tab., 4 ann.

OFEFP – Délimitation des zones de protection des eaux souterraines en milieu fissuré. Guide pratique. Version provisoire du 28 mars 2002.

Peng Li, Zhanbin Li, and Kexin Lu (2004) Effect of vegetation cover types on soil infiltration under simulating rainfall. ISCO - 13th International Soil Conservation Organisation Conference – Brisbane, July 2004

SIEAM – DAF/SER, juillet 2005. Recherche et exploitation des eaux souterraines à Mayotte. Forage de Mohogoni 12302X0025/MOHOG.

Stieltjes L, Cantagrel J.M, Nougier J., Vatin-Perignon N., Watelet P. (1988) – Carte géologique de Mayotte (Archipel des Comores). Echelle : 1/50 000, Collectivité Départementale de Mayotte. Editions du BRGM.

Stieltjes L., Rigal D. (1982) – Schéma directeur de mise en valeur des ressources en eau de Mayotte. Rapport 82 REU 18.

Vernoux J.F., Wuilleumier A., Dörfliger N. (2007) – Délimitation des bassins d'alimentation des captages et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Guide méthodologique, rapport BRGM/RP-55874-FR, 75 pages, 14 illustrations.

Vernoux J.F., Wuilleumier A., Dörfliger N. (2008) – Délimitation des bassins d'alimentation des captages et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Application du guide méthodologique sur des bassins test, rapport BRGM/RP-55875-FR, 172 pages, 113 illustrations, 7 annexes.

Vernoux J.F., Wuilleumier A., Seguin J.J, Dörfliger N. (2007) – Méthodologie de délimitation des bassins d'alimentation des captages et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Rapport intermédiaire : synthèse bibliographique et analyse des études réalisées sur le bassin Sine-Normandie, rapport BRGM/RP-55332-FR, 128 pages, 125 illustrations, 8 annexes.

Wuilleumier A., Malard A., avec la collaboration de Brugeron A. et Mouglin B. (2009) - Etude des bassins d'alimentation des forages de Kawéni - bassin versant du Mro Oua Kaouénilajoli – Mayotte – BRGM/RP-57620-FR. 140 p., 68 ill., 10 tab., 5 ann.



## **Annexe 1**

### **Coupes techniques du forage de Mohogoni et des piézomètres de Dzoumogné**

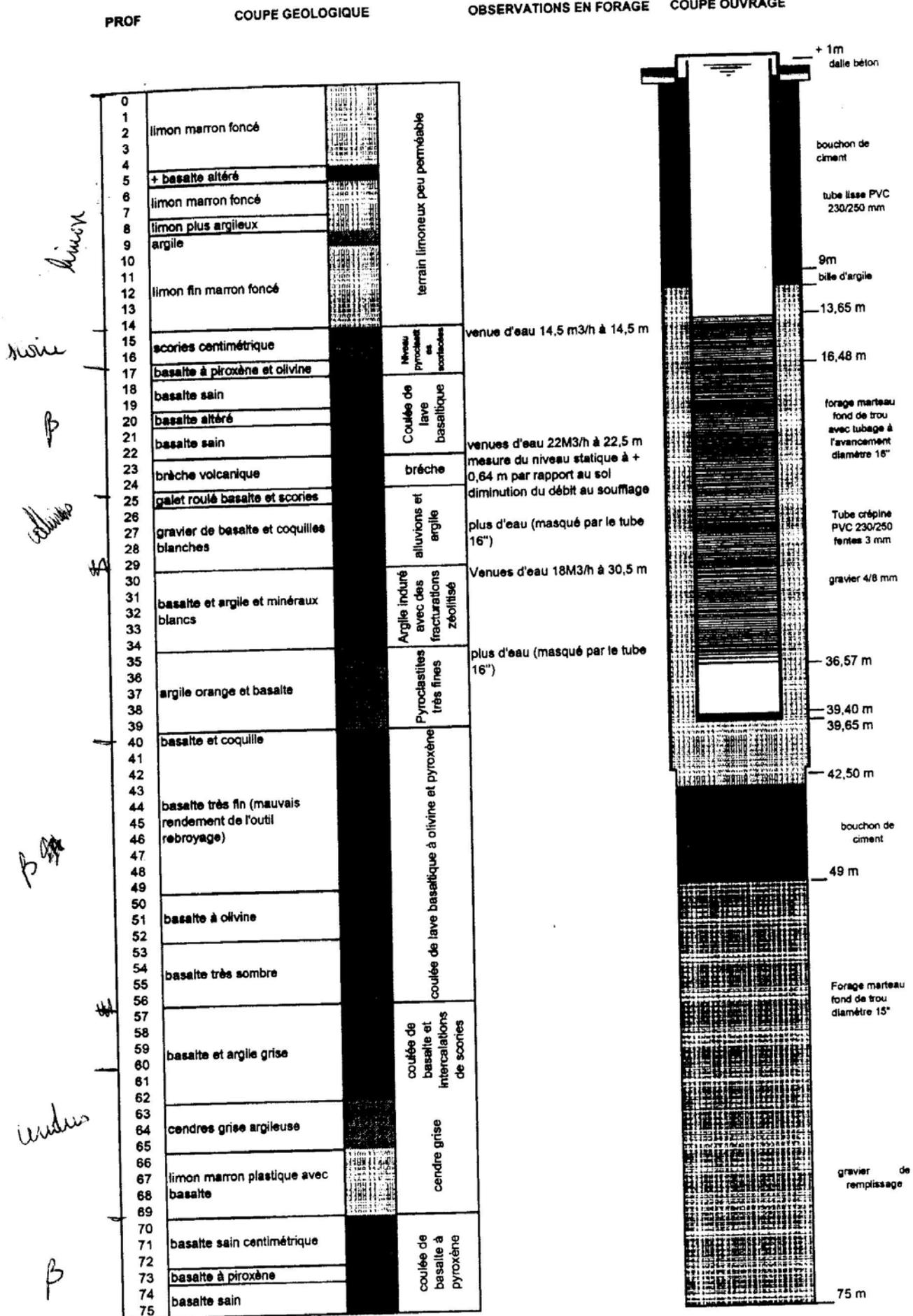


### 3. EQUIPEMENT DU FORAGE Mohogoni

12302x0025

MOHOG

DI - I



Les vitesses d'avancement n'ont pas été prises en compte pour les raisons suivantes :

- l'avancement est fortement modifié par les colmatages de l'outil en cours de foration
- les arrêts techniques



## **Annexe 2**

### **Analyses physico-chimiques des eaux du bassin versant du Mro Oua Maré**







## **Annexe 3**

### **Détails des calculs d'application de la formule de Manning Strickler au Mro Oua Maré**



**Captage Mijhari**

longueur section (m)	longueur cumulée depuis captage (m)	ordre de Strahler	ALTITUDE min (m NGM)	ALTITUDE max (m NGM)	pente S (m/m)	largeur lit (m)	R (tranche 0,1 m)	R (tranche 1 m)	franch e 0,1	V (tranche 0,1) m/h	en V (tranche 1) m/s	V (tranche 1) en m/h	moy V (tranche 0,1) en m/h	moy V (tranche 1) en m/h	tps max captage (h) (tranche 0,1)	tps max captage (h) (tranche 1)
314	1916	5	36	60	0,0764	4	0,100	1	0,040	0,040	0,025	0,040	0,025	0,040	0,025	1,2
20	1602	5	35	36	0,0491	4	0,1904762	1,333333333	0,0116	41,5963	66,554	0,9059	2038,2	3261,1	96,9	60,6
209	1592	5	33	35	0,0096	4	0,1904762	1,333333333	0,0074	26,7416	42,787	0,364	5824	1310,3	2096,5	2,0
112	1373	2	32	33	0,0089	4	0,1904762	1,333333333	0,0013	5,20424	8,3268	0,0708	0,1133	255,01	408,01	381
47	1261	5	31	32	0,0211	4	0,1904762	1,333333333	0,0032	4,85965	7,7754	0,0661	0,1058	238,12	381	899,08
366	1213	5	30	31	0,0027	4	0,1904762	1,333333333	0,0004	11,4678	18,349	0,1561	0,2497	561,92	899,08	1,2
44	847	1	29	29	0,0226	4	0,1904762	1,333333333	0,0034	12,3243	19,719	0,1677	0,2684	603,89	966,23	1,2
36	803	5	28	29	0,0278	4	0,1904762	1,333333333	0,0042	15,123	24,197	0,2058	0,3293	741,03	1185,6	1,2
39	767	5	28	28	0,2042	4	0,1904762	1,333333333	0,0309	111,107	177,77	1,5123	2,4197	5444,3	8710,8	1,2
313	728	5	19	19	0,0032	4	0,1904762	1,333333333	0,0005	1,73975	2,7836	0,0237	0,0379	85,248	136,4	1,2
170	415	5	18	19	0,0059	4	0,1904762	1,333333333	0,0009	3,19288	5,1083	0,0435	0,0695	156,44	250,31	1,2
25	244	5	17	18	0,0400	4	0,1904762	1,333333333	0,006	21,7687	34,83	0,2963	0,4741	1066,7	1706,7	1,2
31	219	6	16	17	0,0320	4	0,1904762	1,333333333	0,0048	17,3927	27,828	0,2367	0,3788	852,24	1363,6	1,2
188	188	6	15	16	0,0053	4	0,1904762	1,333333333	0,0008	2,89477	4,6316	0,0394	0,063	141,84	226,95	1,2

ZONE TANA 1

**Captage Mouhogoni**

longueur section (m)	longueur cumulée depuis captage (m)	ordre de Strahler	ALTITUDE min (m NGM)	ALTITUDE max (m NGM)	pente S (m/m)	largeur lit (m)	R (tranche 0,1 m)	R (tranche 1 m)	franch e 0,1	V (tranche 0,1) m/h	en V (tranche 1) m/s	V (tranche 1) en m/h	moy V (tranche 0,1) en m/h	moy V (tranche 1) en m/h	tps max captage (h) (tranche 0,1)	tps max captage (h) (tranche 1)
187	4127	1	138	182	0,235	1	0,100	1	0,040	0,040	0,025	0,040	0,025	0,040	0,025	5,6
97	3940	2	132	138	0,062	1	0,1666667	0,6666667	0,0272	97,9224	156,68	0,4352	0,6963	1566,8	2506,8	9,0
74	3843	3	129	132	0,040	1	0,1666667	0,6666667	0,0072	25,8716	41,395	0,115	0,184	413,95	662,31	9,0
33	3769	3	128	129	0,030	1	0,1666667	0,6666667	0,0047	16,7844	26,855	0,0746	0,1194	268,55	429,68	9,0
43	3735	3	127	128	0,023	1	0,1666667	0,6666667	0,0035	12,4698	19,952	0,0554	0,0887	199,52	319,23	9,0
65	3692	3	121	127	0,093	1	0,1666667	0,6666667	0,027	9,67395	15,478	0,043	0,0688	154,78	247,65	9,0
127	3628	3	116	121	0,039	1	0,1666667	0,6666667	0,0045	38,6859	61,897	0,1719	0,2751	618,97	990,36	9,0
73	3500	3	113	116	0,041	1	0,1666667	0,6666667	0,0048	16,3762	26,202	0,0728	0,1165	262,02	419,23	9,0
143	3428	3	110	113	0,021	1	0,1666667	0,6666667	0,0024	17,2228	27,557	0,0765	0,1225	275,57	440,9	9,0
35	3285	2	109	110	0,028	1	0,1666667	0,6666667	0,0033	8,76947	14,031	0,039	0,0624	140,31	224,5	9,0
83	3250	3	108	109	0,012	1	0,1666667	0,6666667	0,0014	11,7829	18,853	0,0524	0,0838	188,53	301,64	9,0
67	3167	3	101	108	0,104	1	0,1666667	0,6666667	0,012	5,03318	8,0531	0,0224	0,0358	80,531	128,85	9,0
116	3100	3	98	101	0,026	1	0,1666667	0,6666667	0,003	43,2644	69,223	0,1923	0,3077	692,23	1107,6	9,0
109	2994	3	96	98	0,018	1	0,1666667	0,6666667	0,0021	7,67406	12,278	0,0341	0,0546	122,78	196,46	9,0
82	2875	3	94	96	0,024	2	0,1818182	1	0,0034	12,1315	19,41	0,1019	0,1631	366,98	587,16	9,0
33	2793	3	93	94	0,031	2	0,1818182	1	0,0042	15,1456	24,233	0,1273	0,2036	458,16	733,05	9,0
32	2760	3	91	93	0,063	2	0,1818182	1	0,0086	31,0616	49,699	0,261	0,4176	939,61	1503,4	9,0
91	2729	3	90	91	0,011	2	0,1818182	1	0,0015	5,4322	8,6915	0,0456	0,073	164,32	262,92	9,0
202	2637	3	89	90	0,005	2	0,1818182	1	0,0007	2,45887	3,9342	0,0207	0,0331	74,381	119,01	9,0
51	2436	3	88	89	0,020	2	0,1818182	1	0,0027	9,68359	15,494	0,0814	0,1302	292,93	468,69	9,0
43	2384	3	87	88	0,023	2	0,1818182	1	0,0032	11,4456	18,313	0,0962	0,1539	346,23	553,97	9,0
91	2341	3	84	87	0,033	2	0,1818182	1	0,0045	16,3265	26,122	0,1372	0,2195	493,88	790,2	9,0
148	2250	3	82	84	0,013	2	0,1818182	1	0,0019	6,69273	10,708	0,0562	0,09	202,46	323,93	9,0
101	2102	2	80	82	0,020	2	0,1818182	1	0,0027	9,84197	15,747	0,0827	0,1323	297,72	476,35	9,0
102	2001	3	78	80	0,020	2	0,1818182	1	0,0027	9,69694	15,515	0,0815	0,1304	293,33	469,33	9,0
147	1899	1	70	78	0,054	2	0,1818182	1	0,0075	26,9809	43,169	0,2267	0,3627	816,17	1305,9	9,0
101	1752	3	62	70	0,079	2	0,1818182	1	0,0109	39,3597	62,975	0,3307	0,5292	1190,6	1905	9,0
97	1651	3	59	62	0,031	2	0,1818182	1	0,0043	15,3035	24,486	0,1286	0,2057	462,93	740,69	9,0
48	1554	3	55	55	0,083	2	0,1818182	1	0,0114	41,1671	65,867	0,3459	0,5535	1245,3	1992,5	9,0
55	1506	3	54	55	0,018	2	0,1818182	1	0,0025	8,97238	14,356	0,0754	0,1206	271,41	434,26	9,0
274	1450	3	34	54	0,073	2	0,1818182	1	0,01	36,1685	57,87	0,3039	0,4863	1094,1	1750,6	9,0
81	1176	3	32	34	0,025	3	0,1875	1,2	0,0036	13,0324	20,852	0,1483	0,2372	533,81	854,09	9,0
89	1095	3	29	32	0,034	3	0,1875	1,2	0,0049	17,701	28,322	0,2014	0,3222	725,03	1160,1	9,0
150	1006	3	28	29	0,007	3	0,1875	1,2	0,0001	3,51975	5,6316	0,04	0,0641	144,17	230,67	9,0
92	856	3	26	28	0,022	3	0,1875	1,2	0,0032	11,4709	18,353	0,1305	0,2088	469,85	751,75	9,0
588	764	3	14	26	0,020	3	0,1875	1,2	0,003	10,7623	17,22	0,1225	0,1959	440,82	705,32	9,0
176	176	1	10	14	0,023	3	0,1875	1,2	0,0033	11,9851	19,176	0,1364	0,2182	490,91	785,45	9,0

ZONE MOU 1

ZONE MOU 2



## **Annexe 4**

### **Jaugeages au sel du 23 octobre 2009**



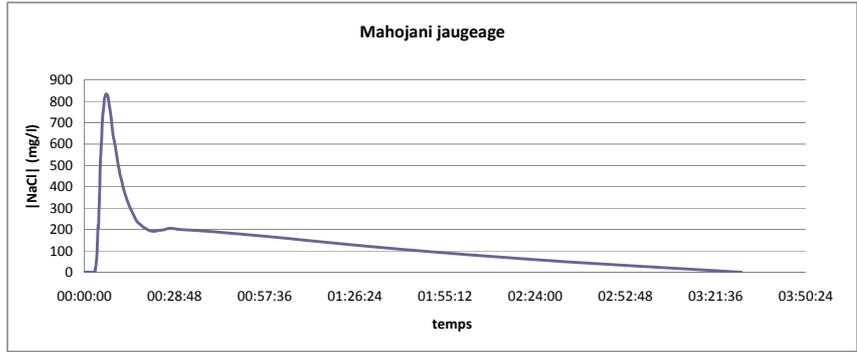
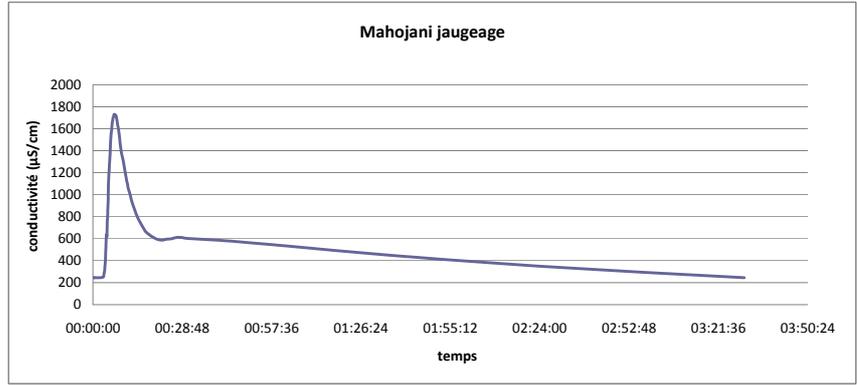
**jaugeage Mahojani GPS 912**

date: 23 octobre 2009

heure début 15:30:00  
T(°C)

temps	conductivité (µS/cm)	bruit de fond (µS/cm)		Integration
		(µS/cm)	NaCl(mg/l)	
00:00:00	246	0	0	0.00
00:00:20	246	0	0	0.00
00:00:30	246	0	0	0.00
00:00:53	246	0	0	0.00
00:01:20	246	0	0	0.00
00:01:50	246	0	0	-10.11
00:02:26	245	-1	-0.56179775	77.25
00:03:21	252	6	3.37078652	149.72
00:03:34	281	35	19.6629213	232.58
00:03:43	303	57	32.0224719	993.26
00:04:00	397	151	84.8314607	1643.26
00:04:13	545	299	167.977528	1548.31
00:04:21	636	390	219.101124	1931.46
00:04:30	620	374	210.11236	1732.30
00:04:37	753	507	284.831461	2078.37
00:04:44	796	550	308.988764	3094.38
00:04:53	920	674	378.651685	2916.01
00:05:00	1055	809	454.494382	4431.74
00:05:09	1190	944	530.337079	3769.38
00:05:16	1219	973	546.629213	3387.64
00:05:22	1283	1037	582.58427	7297.75
00:05:34	1374	1128	633.707865	3953.93
00:05:40	1464	1218	684.269663	8521.35
00:05:52	1556	1310	735.955056	5948.31
00:06:00	1583	1337	751.123596	9195.51
00:06:12	1637	1391	781.460674	14379.78
00:06:30	1699	1453	816.292135	9835.96
00:06:42	1711	1465	823.033708	8289.33
00:06:52	1732	1486	834.831461	9130.62
00:07:03	1715	1469	825.280899	15723.03
00:07:22	1723	1477	829.775281	17989.33
00:07:44	1680	1434	805.617978	6377.53
00:07:52	1650	1404	788.764045	4703.93
00:07:58	1633	1387	779.213483	14554.21
00:08:17	1586	1340	752.808989	13242.13
00:08:35	1525	1279	718.539326	15245.51
00:08:57	1434	1188	667.41573	13626.40
00:09:18	1368	1122	630.337079	13589.33
00:09:40	1323	1077	605.05618	8919.94
00:09:55	1286	1040	584.269663	8591.29
00:10:10	1245	999	561.235955	21191.01
00:10:50	1133	887	498.314607	7833.71
00:11:06	1102	856	480.898876	10724.72
00:11:29	1050	804	451.685393	8848.31
00:11:49	1017	771	433.146067	16505.62
00:12:29	944	698	392.134831	22480.90
00:13:30	860	614	344.94382	19191.57
00:14:29	790	544	305.617978	34614.61
00:16:35	680	434	243.820225	7860.67
00:17:08	660	414	232.58427	11376.40
00:17:58	642	396	222.47191	9143.26
00:18:40	625	379	212.921348	11285.39
00:19:34	611	365	205.05618	12050.56
00:20:34	596	350	196.629213	19992.42
00:22:17	587	341	191.573034	17056.18
00:23:45	595	349	196.067416	8835.67
00:24:30	596	350	196.629213	13268.26
00:25:37	601	355	199.438202	4612.92
00:26:00	605	359	201.685393	12202.25
00:27:00	611	365	205.05618	4722.75
00:27:23	612	366	205.617978	19863.20
00:29:00	609	363	203.932584	12151.69
00:30:00	604	358	201.123596	151617.98
00:43:00	580	334	187.640449	179932.58
01:00:00	540	294	165.168539	328988.76
01:40:00	440	194	108.988764	242696.63
02:30:00	340	94	52.8089888	95056.18
03:30:00	246	0	0	

Fin 14:40:00 intégration 1541194.94



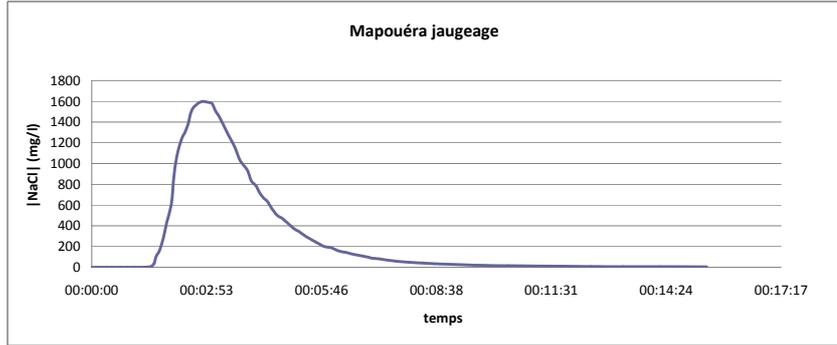
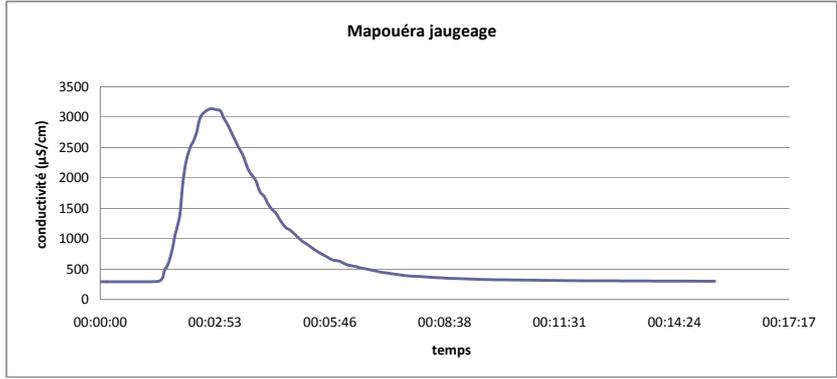
masse sel injecté (g)	1550
coefficient k	1.78
Débit Q (l/s)	1.0
linéaire rivière (m)	9.1
vitesse (m/s)	0.02
vitesse (m/h)	80

**jaugeage Mapouéra GPS 911**

date: 23 octobre 2009

heure début 14:16:00

temps	conductivité (µS/cm)	bruit de fond (µS/cm)		Integration
		(µS/cm)	NaCl(mg/l)	
00:00:00	292	0	0	0.00
00:00:10	292	0	0	0.00
00:00:23	292	0	0	0.00
00:00:30	292	0	0	0.00
00:00:43	292	0	0	0.00
00:00:53	292	0	0	0.00
00:01:04	292	0	0	0.00
00:01:14	292	0	0	20.22
00:01:26	298	6	3.37078652	28.09
00:01:30	311	19	10.6741573	97.75
00:01:34	360	68	38.2022472	219.10
00:01:37	484	192	107.865169	674.16
00:01:42	580	288	161.797753	1348.31
00:01:48	804	512	287.640449	1397.75
00:01:52	1024	732	411.235955	4134.83
00:02:00	1400	1108	622.47191	2190.17
00:02:03	1783	1491	837.640449	4773.88
00:02:08	2200	1908	1071.91011	8073.60
00:02:15	2490	2198	1234.83146	6328.65
00:02:20	2600	2308	1296.62921	6693.82
00:02:25	2750	2458	1380.89888	8706.74
00:02:31	3000	2708	1521.34831	20252.25
00:02:44	3130	2838	1594.38202	19098.88
00:02:56	3120	2828	1588.76404	7915.73
00:03:01	3100	2808	1577.52809	7719.10
00:03:06	2980	2688	1510.11236	7424.16
00:03:11	2890	2598	1459.55056	7143.26
00:03:16	2780	2488	1397.75281	13331.46
00:03:26	2550	2258	1268.53933	10936.52
00:03:35	2360	2068	1161.79775	8777.53
00:03:43	2130	1838	1032.58427	10823.88
00:03:54	1957	1665	935.393258	5307.30
00:04:00	1776	1484	833.707865	5668.82
00:04:07	1691	1399	785.955056	3776.69
00:04:12	1582	1290	724.719101	4186.52
00:04:18	1486	1194	670.786517	3920.22
00:04:24	1424	1132	635.955056	4205.90
00:04:31	1299	1007	565.730337	4265.17
00:04:39	1183	891	500.561798	3880.90
00:04:47	1128	836	469.662921	5627.25
00:05:00	997	705	396.067416	2283.71
00:05:06	942	650	365.168539	1782.30
00:05:11	911	619	347.752809	2002.25
00:05:17	861	569	319.662921	2137.36
00:05:24	810	518	291.011236	2462.36
00:05:33	748	456	256.179775	1710.67
00:05:40	706	414	232.58427	2165.73
00:05:50	649	357	200.561798	1949.44
00:06:00	629	337	189.325843	1909.55
00:06:11	573	281	157.865169	2084.27
00:06:25	541	249	139.88764	935.96
00:06:32	519	227	127.52809	2496.63
00:06:54	469	177	99.4382022	750.56
00:07:02	449	157	88.2022472	683.15
00:07:10	439	147	82.5842697	1966.29
00:07:38	395	103	57.8651685	1490.73
00:08:07	372	80	44.9438202	1267.42
00:08:39	353	61	34.2696629	1662.08
00:09:40	328	36	20.2247191	826.97
00:10:26	320	28	15.7303371	1020.79
00:11:45	310	18	10.1123596	404.49
00:12:30	306	14	7.86516854	357.87
00:13:19	304	12	6.74157303	339.89
00:14:14	302	10	5.61797753	358.99
00:15:25	300	8	4.49438202	279.21
00:16:36	298	6	3.37078652	



Fin 14:40:00

intégration 234277.25

masse sel injecté (g)	4165
coefficient k	1.78
Débit Q (l/s)	17.8
linéaire rivière (m)	20.5
vitesse (m/s)	0.13
vitesse (m/h)	450

Jaugeage au seau donne 19 L/s

**jaugeage Tanabé GPS 910**

date: 23 octobre 2009

heure début 12:30:00

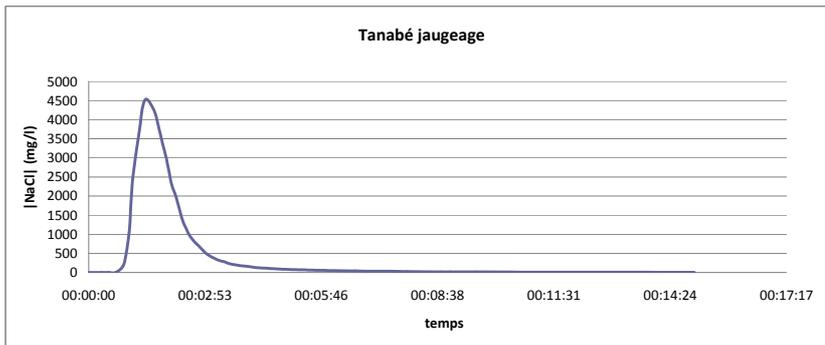
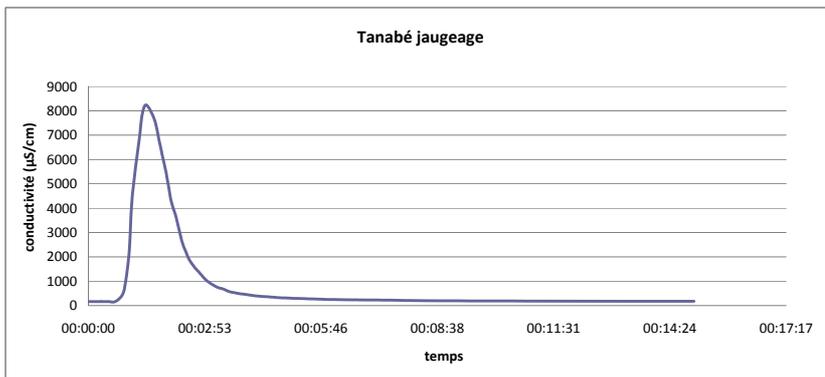
temps	conductivité (µS/cm)	T(°C)		Integration
		bruit de fond (µS/cm)	166	
00:00:00	166	0	0	0.00
00:00:19	166	0	0	0.00
00:00:30	166	0	0	0.00
00:00:40	166	0	0	926.97
00:00:51	466	300	168.539326	1748.60
00:00:56	1111	945	530.898876	4380.62
00:01:01	2340	2174	1221.34831	7244.94
00:01:05	4440	4274	2401.1236	34137.08
00:01:16	6940	6774	3805.61798	16233.71
00:01:20	7840	7674	4311.23596	26541.57
00:01:26	8240	8074	4535.95506	52408.99
00:01:38	7640	7474	4198.8764	27720.79
00:01:45	6790	6624	3721.34831	17693.82
00:01:50	6140	5974	3356.17978	18873.03
00:01:56	5390	5224	2934.83146	18400.56
00:02:03	4300	4134	2322.47191	14979.21
00:02:10	3650	3484	1957.30337	15062.36
00:02:19	2640	2474	1389.88764	7614.61
00:02:25	2210	2044	1148.31461	5279.49
00:02:30	1881	1715	963.483146	6988.76
00:02:38	1561	1395	783.707865	4403.93
00:02:44	1384	1218	684.269663	5435.39
00:02:53	1098	932	523.595506	3786.52
00:03:01	919	753	423.033708	4112.64
00:03:12	744	578	324.719101	2742.98
00:03:21	673	507	284.831461	2062.92
00:03:29	577	411	230.898876	2137.64
00:03:39	516	350	196.629213	1485.39
00:03:47	477	311	174.719101	1665.73
00:03:57	448	282	158.426966	1594.38
00:04:08	400	234	131.460674	2601.69
00:04:30	353	187	105.05618	1179.78
00:04:42	329	163	91.5730337	1285.11
00:04:57	308	142	79.7752809	1494.38
00:05:17	290	124	69.6629213	795.51
00:05:29	278	112	62.9213483	1779.78
00:06:01	252	86	48.3146067	1508.99
00:06:35	238	72	40.4494382	796.35
00:06:56	229	63	35.3932584	969.38
00:07:25	222	56	31.4606742	802.25
00:07:53	212	46	25.8426966	1131.74
00:08:44	199	33	18.5393258	233.71
00:08:57	197	31	17.4157303	635.39
00:09:36	193	27	15.1685393	702.25
00:10:26	189	23	12.9213483	337.08
00:10:56	183	17	9.5505618	1247.19
00:13:24	179	13	7.30337079	330.34
00:14:13	177	11	6.17977528	159.27
00:14:40	176	10	5.61797753	106.74
00:15:00	175	9	5.05617978	

Fin

12:54:00

intégration 323759.55

masse sel injecté (g)	4206
coefficient k	1.78
Débit Q (l/s)	13
linéaire rivière (m)	13
vitesse (m/s)	0.15
vitesse (m/h)	544

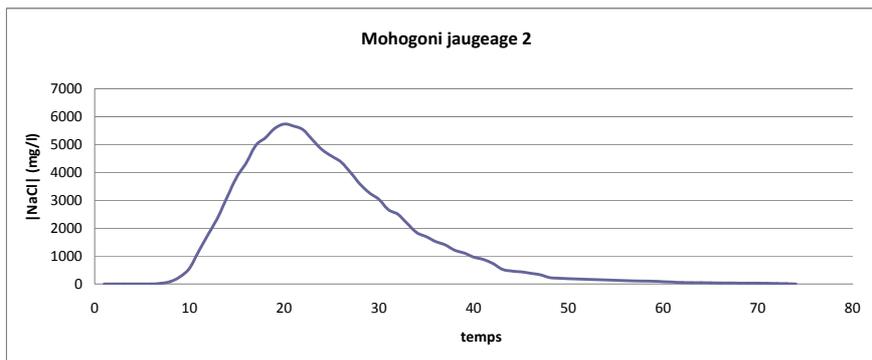
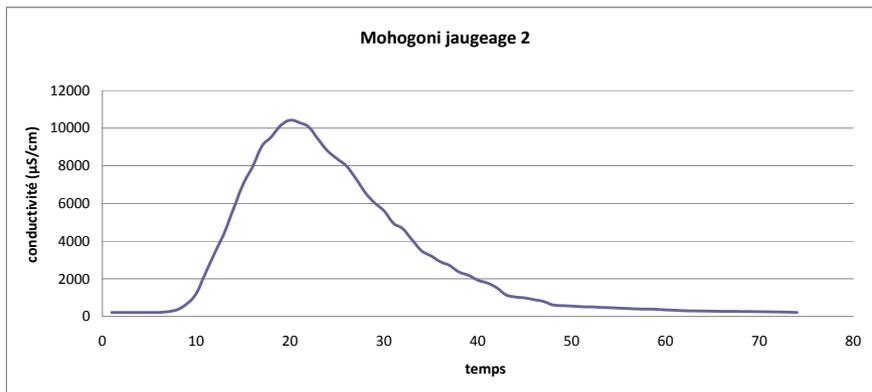


jaugeage Mouhogoni 2 GPS 909

heure début 11:20:00  
T(°C)

conductivité (µS/cm)	bruit de fond (µS/cm)	NaCl(mg/l)	Integration
209	0	0	0.00
209	0	0	0.00
209	0	0	0.00
209	0	0	0.00
209	0	0	49.44
253	44	24.7191011	225.84
366	157	88.2022472	869.38
671	462	259.550562	2051.97
1208	999	561.235955	5258.43
2330	2121	1191.57303	8969.66
3410	3201	1798.31461	8361.80
4450	4241	2382.58427	16520.22
5770	5561	3124.1573	20868.54
7030	6821	3832.02247	24525.84
7940	7731	4343.25843	23275.28
9050	8841	4966.85393	30610.11
9530	9321	5236.51685	27039.33
10140	9931	5579.21348	62236.52
10420	10211	5736.51685	68400.00
10290	10081	5663.48315	61556.74
10050	9841	5528.65169	64152.81
9400	9191	5163.48315	49893.26
8780	8571	4815.16854	28200.00
8370	8161	4584.83146	26868.54
7990	7781	4371.34831	33465.17
7320	7111	3994.94382	49232.02
6580	6371	3579.21348	23973.03
6030	5821	3270.22472	22065.73
5610	5401	3034.26966	37035.39
4950	4741	2663.48315	20656.18
4660	4451	2500.5618	34980.34
4060	3851	2163.48315	26007.30
3480	3271	1837.64045	21175.28
3220	3011	1691.57303	19253.93
2910	2701	1517.41573	11667.42
2700	2491	1399.4382	18255.06
2360	2151	1208.42697	11606.74
2190	1981	1112.92135	16615.73
1925	1716	964.044944	11076.40
1779	1570	882.022472	12168.54
1527	1318	740.449438	27858.43
1145	936	525.842697	6937.08
1037	828	465.168539	8120.22
987	778	437.078652	8588.76
887	678	380.898876	7479.78
799	590	331.460674	19285.11
614	405	227.52809	3487.64
580	371	208.426966	3789.33
548	339	190.449438	3474.44
521	312	175.280899	2732.58
505	296	166.292135	3185.39
480	271	152.247191	1628.37
465	256	143.820225	3426.97
441	232	130.337079	2881.46
423	214	120.224719	3877.53
401	192	107.865169	1567.42
389	180	101.123596	1784.83
382	173	97.1910112	5203.93
350	141	79.2134831	3586.52
334	125	70.2247191	7135.96
303	94	52.8089888	2614.61
294	85	47.752809	1529.49
289	80	44.9438202	3840.17
276	67	37.6404494	1653.93
270	61	34.2696629	1303.65
267	58	32.5842697	1730.34
263	54	30.3370787	1723.60
259	50	28.0898876	1706.74
257	48	26.9662921	4800.00
250	41	23.0337079	10162.92
235	26	14.6067416	4247.19
225	16	8.98876404	2157.30
209	0	0	0

intégration 1041302.25



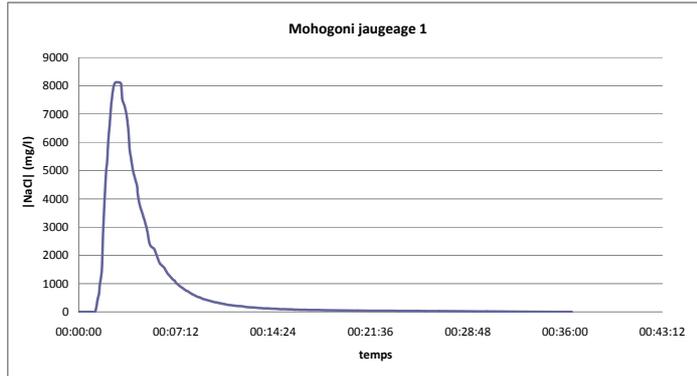
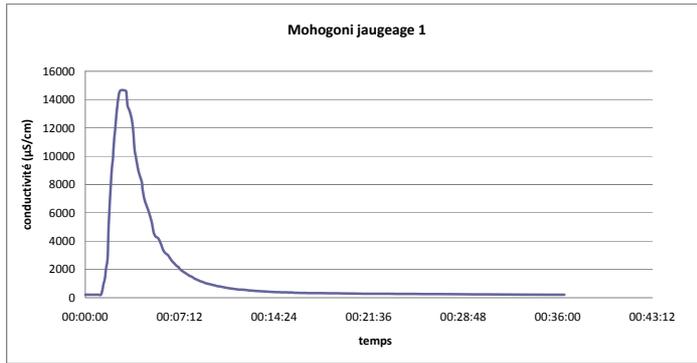
masse sel injecté (g)	3075
coefficient k	1.78
Débit Q (l/s)	3
linéaire rivière (m)	9.3
vitesse (m/s)	0.08
vitesse (m/h)	272

jaugage Mouhogoni 1 GPS 908

date: 23 octobre 2009

heure début 10:00:00

temps	conductivité (µS/cm)	T(°C)		Integration
		bruit de fond (µS/cm)	210	
00:00:00	210	0	0	0.00
00:00:12	210	0	0	0.00
00:00:19	210	0	0	0.00
00:00:30	210	0	0	0.00
00:00:40	210	0	0	0.00
00:00:50	210	0	0	0.00
00:01:00	210	0	0	83.99
00:01:13	233	23	12.9	2518.26
00:01:24	1002	792	444.9	3325.28
00:01:30	1391	1181	663.5	3325.84
00:01:34	1989	1779	999.4	10020.22
00:01:42	2890	2680	1505.6	10646.07
00:01:47	5110	4900	2752.8	49297.75
00:02:00	8810	8600	4831.5	30539.33
00:02:06	9730	9520	5348.3	28483.15
00:02:11	10970	10760	6044.9	44792.13
00:02:18	12230	12020	6752.8	42252.81
00:02:24	13260	13050	7331.5	60853.93
00:02:32	14240	14030	7882.0	63910.11
00:02:40	14620	14410	8095.5	121601.12
00:02:55	14660	14450	8118.0	97112.36
00:03:07	14570	14360	8067.4	46769.66
00:03:13	13600	13390	7522.5	66691.01
00:03:22	13200	12990	7297.8	78081.46
00:03:33	12490	12280	6898.9	46542.13
00:03:40	11600	11390	6398.9	30435.39
00:03:45	10490	10280	5775.3	39266.85
00:03:52	9900	9690	5443.8	36808.99
00:03:59	9240	9030	5073.0	29747.19
00:04:05	8830	8620	4842.7	60544.94
00:04:18	8170	7960	4471.9	13019.66
00:04:21	7700	7490	4207.9	24370.79
00:04:27	7180	6970	3915.7	26584.27
00:04:34	6760	6550	3679.8	32132.02
00:04:43	6370	6160	3460.7	45853.93
00:04:57	5710	5500	3089.9	23617.98
00:05:05	5220	5010	2814.6	15994.38
00:05:11	4690	4480	2516.9	19393.26
00:05:19	4360	4150	2331.5	34213.48
00:05:34	4180	3970	2230.3	23421.35
00:05:45	3820	3610	2028.1	22752.81
00:05:57	3350	3140	1764.0	15396.07
00:06:06	3160	2950	1657.3	22494.38
00:06:20	2980	2770	1556.2	17629.21
00:06:32	2670	2460	1382.0	19676.97
00:06:47	2420	2210	1241.6	13101.12
00:06:58	2240	2030	1140.4	8966.29
00:07:06	2170	1960	1101.1	6387.64
00:07:12	2040	1830	1028.1	13681.46
00:07:26	1859	1649	926.4	18215.73
00:07:47	1649	1439	808.4	7025.56
00:07:56	1550	1340	752.8	4476.40
00:08:02	1526	1316	739.3	5741.57
00:08:10	1449	1239	696.1	7326.12
00:08:21	1342	1132	636.0	6160.11
00:08:31	1271	1061	596.1	10097.19
00:08:49	1146	936	525.8	4150.56
00:08:57	1121	911	511.8	6324.72
00:09:10	1031	821	461.2	4514.04
00:09:20	996	786	441.6	8370.79
00:09:40	914	704	395.5	4973.60
00:09:53	868	658	369.7	4608.43
00:10:06	814	604	339.3	2683.15
00:10:14	800	590	331.5	3210.67
00:10:24	763	553	310.7	5314.04
00:10:42	708	498	279.8	4793.26
00:11:00	660	450	252.8	7559.55
00:11:32	601	391	219.7	2555.06
00:11:44	577	367	206.2	4638.76
00:12:07	561	351	197.2	2810.39
00:12:22	526	316	177.5	7429.78
00:13:08	469	259	145.5	3337.08
00:13:32	446	236	132.6	3053.93
00:13:56	427	217	121.9	3038.20
00:14:22	409	199	111.8	1739.33
00:14:38	398	188	105.6	2243.26
00:15:00	385	175	98.3	3460.96
00:15:37	368	158	88.8	2290.45
00:16:04	354	144	80.9	2791.01
00:16:40	342	132	74.2	2416.29
00:17:14	331	121	68.0	943.82
00:17:28	329	119	66.9	792.13
00:17:40	326	116	65.2	3674.16
00:18:40	312	102	57.3	3269.66
00:19:40	302	92	51.7	2882.02
00:20:40	289	79	44.4	2544.94
00:21:40	282	72	40.4	2342.70
00:22:40	277	67	37.6	2157.30
00:23:40	271	61	34.3	1971.91
00:24:40	266	56	31.5	1820.22
00:25:40	262	52	29.2	1651.69
00:26:40	256	46	25.8	4448.31
00:30:14	238	28	15.7	2929.21
00:35:30	215	5	2.8	84.27
00:36:30	210	0	0.0	



Fin intégration 1591199.44  
10:23:00

masse sel injecté (g)	6071
coefficient k	1.78
Débit Q (l/s)	4
linéaire rivière (m)	12.7
vitesse (m/s)	0.07
vitesse (m/h)	261







Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Centre scientifique et technique**

3, avenue Claude-Guillemain  
BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34

**Service géologique régional de Mayotte**

9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni  
BP 363

97600 – Mamoudzou France  
Tél. : 02 69 61 28 13